

PROUDFOOT BINDER 73 GEORGE ST EUSTON SQ.

The University Library
Leeds



Medical and Dental
Library

CAGE
LON
98

TRAITÉ

DE PHYSIOLOGIE.

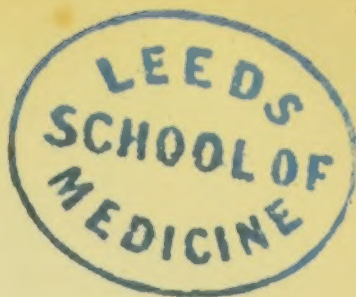
I

Paris. — Imprimerie de L. Martinet, rue Mignon, 2.

TRAITÉ

DE

PHYSIOLOGIE



PAR

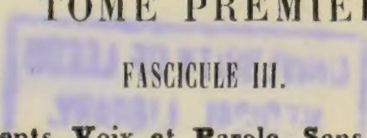
F. A. LONGET,

Membre de l'Académie nationale de médecine,
de la Société philomatique de Paris,
lauréat de l'Institut de France (Académie des sciences),
correspondant de l'Académie impériale des Curieux de la Nature, de l'Institut de Bologne,
de l'Académie des sciences de Turin, des Sociétés des sciences naturelles et médicales de Fribourg,
de Francfort-sur-le-Mein, de Liége, de Stockholm, de Vienne, etc.

OUVRAGE ACCOMPAGNÉ

de figures dans le texte et de planches en taille-douce.

TOME PREMIER.



FASCICULE III.

Mouvements. Voix et Parole. Sens en général.

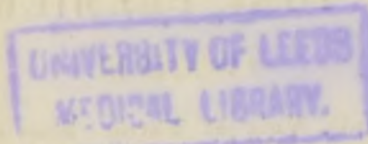
PARIS.

VICTOR MASSON, LIBRAIRE-ÉDITEUR,

PLACE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE, 17.

SEPTEMBRE 1852





602776

DES MOUVEMENTS.

Si les mouvements des animaux varient dans leur but et dans leur essence, les organes chargés de les accomplir offrent eux-mêmes une texture variable.

On peut, en ayant égard à cette dernière considération, admettre cinq ordres de mouvements dus : 1° à l'épithélium vibratile ; 2° au tissu cellulaire contractile ; 3° au tissu élastique ; 4° au tissu érectile ; 5° au tissu musculaire.

I. MOUVEMENTS DUS A L'ÉPITHÉLIUM VIBRATILE.

Avant Purkinje et G. Valentin (1), déjà d'autres observateurs les avaient aperçus, mais sans leur donner leur véritable interprétation, dont la science est redevable à ces deux habiles micrographes.

Les organes spéciaux de ces mouvements constituent une variété d'épithélium cylindrique, qu'on désigne sous le nom d'*épithélium vibratile*, et qui se compose de cellules coniques, cylindriques ou ovalaires, surmontées de poils courts, hyalins, terminés en pointe ou par un renflement (fig. 1). Ces poils, dits *cils vibratiles*, en général au nombre de trois à huit pour chaque cellule, egaux ou inégaux en hauteur, sont larges et plats chez les animaux vertébrés, tronqués ou arrondis à leur extrémité libre dans l'homme et les mammifères, un peu moins obtus dans les oiseaux, pointus et aplatis dans les reptiles et les poissons, cylindriques et pointus chez les animaux sans vertèbres.

Fig. 1.



La surface du corps des planaires, des paramécies et de beaucoup d'autres infusoires, est entièrement revêtue de cils vibratiles épars ou disposés en rangées régulières. Un grand nombre d'embryons, ceux des acalèphes, par exemple, ceux des éponges, des actinies, des distomes, des mollusques, sont également tout couverts de cils vibratiles durant une certaine période. La plupart des animaux inférieurs, s'ils ne sont pas ainsi totalement ciliés, ont au moins quelques parties, quelques organes pourvus de ces appendices microscopiques : ainsi, les franges qui

(1) *De phænomeno generali et fundamentali motus vibratorii continui in membranis*, etc. Breslau, 1835. — *De motu vibratorio animalium vertebratorum*, in *Act. Acad. nat. cur.*, vol. XVII, p. 11, avril 1835.

accompagnent les ovaires, chez les méduses, les festons élégants qui bordent les bras, chez les pélagies, montrent bien le mouvement vibratile. L'intérieur des tentacules des alcyons et de plusieurs autres zoanthaires, l'extérieur des tentacules de tous les polypes bryozoaires, comme les alcyonelles, les flustres, etc., la membrane qui tapisse les épines et le têt des oursins et des astéries, la partie antérieure des mollusques d'eau douce, les branchies de tous les mollusques univalves ou bivalves, etc., sont munis de cils vibratiles (Dujardin). Chez les animaux vertébrés eux-mêmes, on observe le mouvement vibratile sur plusieurs parties, notamment sur la muqueuse des cavités nasales et sur les organes génitaux femelles, sur toute la muqueuse de la bouche des batraciens, sur la surface respiratoire de presque tous les vertébrés à poumons, etc.

Dans l'homme, l'épithélium vibratile tapisse d'abord les voies aériennes. Existant presque dès l'orifice antérieur des fosses nasales, il recouvre la membrane pituitaire, la muqueuse des sinus frontaux, sphénoïdaux, ethmoïdaux et maxillaires; se prolonge dans le canal nasal, dans le sac lacrymal et à la face interne des paupières; s'étend jusque dans le cul-de-sac supérieur du pharynx, dans le pourtour de la trompe d'Eustache, pour disparaître alors, faire place à de l'épithélium pavimenteux et reparaître à la base de l'épiglotte ; puis il se continue sur la paroi antérieure du larynx, et, à partir des cordes vocales supérieures, tapisse toute l'étendue des canaux aériens jusqu'aux dernières ramifications bronchiques.

On le trouve également sur la muqueuse des organes génitaux de la femme, depuis le milieu du col utérin jusqu'à la face externe de la portion frangée des trompes.

Enfin, d'après Purkinje et Valentin, il existerait aussi sur les parois des ventricules du cerveau.

L'épithélium vibratile présente, du reste, quelques variétés, suivant les régions : ainsi, les cylindres dont il se compose sont plus longs dans les trompes de Fallope que partout ailleurs, tandis que les plus petites cellules d'épithélium sont celles des ventricules cérébraux. Les cellules vibratiles des paupières sont munies de cils extrêmement fins, d'où la grande difficulté qu'on éprouve à reconnaître ces derniers, même peu d'heures après la mort.

Les cils qui garnissent l'extrémité libre des cylindres sont le siége de mouvements spontanés et perceptibles seulement à un assez fort grossissement. Purkinje et Valentin ont admis trois espèces de mouvements dans ces petits organes : ils appellent *infundibuliforme* celui dans lequel la base du cil tourne autour d'un centre et décrit le sommet d'un cône dont la base est circonscrite par l'extrémité libre du cil lui-même ; en second lieu, ils parlent d'un mouvement des cils consistant en flexions onduleuses comparables aux mouvements de la queue des spermatozoaires ; enfin, une troisième espèce de mouvement se traduit, pour ces auteurs, en une sorte d'inclinaison que subit la pointe du cil et qui recourbe cette pointe en forme de crochet.

Henle (1) a comparé le mouvement vibratile, dans son ensemble, à l'ondulation d'un champ de blé ballotté par le vent, comparaison qui, en effet, rend assez bien l'aspect général que présente ce mouvement étudié au microscope.

Dans les animaux à sang froid, la grenouille, par exemple, les cils vibratiles con-

(1) *Anatomie générale*, t. I, p. 263. Trad. de Jourdan.

servent leur motilité plus de vingt-quatre heures après la mort de l'animal, pourvu qu'on maintienne celui-ci dans son milieu ordinaire, à une température de 8 à 10 degrés centigrades. Dans les mammifères et les oiseaux, les cils vibratiles cessent de se mouvoir après un temps beaucoup moins long.

On a remarqué que les ébranlements et les attouchements rendent le mouvement vibratile plus vif, et même le raniment quand déjà il avait cessé complétement. D'ailleurs, pour qu'il ait lieu, la température ne doit être ni trop basse, ni trop élevée.

Les substances narcotiques n'exercent sur lui aucune action. L'acide acétique, les acides minéraux, quelques sels métalliques, le chlorure de mercure, le nitrate d'argent, etc., l'anéantissent rapidement; il en est de même de la bile. Le sérum du sang produit un effet opposé, il prolonge la durée du mouvement vibratile.

On a supposé que ce mouvement était sous la dépendance immédiate des nerfs: mais une pareille hypothèse ne saurait être admise, car les nerfs ne vont pas jusqu'à l'épithélium vibratile, et, d'ailleurs, comme nous venons de le rappeler, les narcotiques sont ici sans la moindre action.

Quelques micrographes ayant signalé des stries à la surface des cylindres d'épithélium vibratile, on a pensé que ces stries étaient musculaires, et l'on s'est cru autorisé à admettre que le mouvement vibratile lui-même était de la nature du mouvement musculaire. Mais, d'une part, ces stries ne sont point constantes, et, de l'autre, rien encore ne démontre la réalité d'une pareille nature.

Les effets produits par le mouvement vibratile sont faciles à apprécier quand on examine au microscope une membrane muqueuse, pourvue de cils, qu'on a eu le soin d'humecter: on constate alors, dans le liquide au sein duquel les cils se meuvent, un mouvement en sens opposé à celui qu'ils prennent en se courbant.

Ce qu'il y a de bien remarquable dans le mouvement dont il s'agit, c'est une certaine constance dans sa direction: d'après les recherches de Purkinje et de Valentin, le mouvement imprimé par les cils a généralement lieu de l'intérieur vers l'extérieur des membranes muqueuses. Notons, néanmoins, que la direction du courant a pu offrir parfois des alternatives telles, que tantôt celui-ci marchait dans un sens, tantôt dans un autre. On a avancé que la direction du mouvement ne correspondait pas toujours à celle que l'on pourrait présumer, en ayant simplement égard aux fonctions de l'organe, et l'on a cité les parties génitales de la femme, dans lesquelles, dit-on, il semblerait que le mouvement vibratile devrait être dirigé de dehors en dedans afin de favoriser l'introduction de la liqueur séminale; tandis que, conformément à la loi énoncée plus haut, il a lieu de dedans en dehors, c'est-à-dire de la trompe vers l'utérus. Mais le mouvement vibratile ainsi dirigé, ne peut-il donc encore remplir quelque usage important, celui, par exemple, d'aider à la progression de l'ovule à travers la trompe utérine?

Les cils vibratiles sont évidemment destinés à faire mouvoir les liquides qui baignent les surfaces pourvues de ces petits appendices, et à faciliter ainsi certaines fonctions, la respiration, l'olfaction, la fécondation, etc. Ces espèces de rames microscopiques servent aussi à la locomotion des animaux aquatiques dont le volume est assez peu considérable pour être ainsi mis en mouvement, comme cela s'ob-

serve chez les infusoires qui, par la même action, se meuvent, respirent et excitent dans l'eau des tourbillons destinés à amener leur nourriture.

Fig. 2 (*).

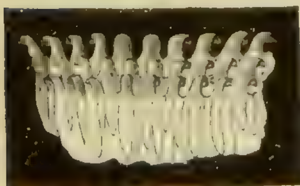


Fig. 3.

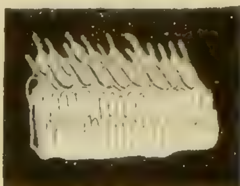


Fig. 4.



II. MOUVEMENTS DUS AU TISSU CELLULAIRE CONTRACTILE.

Ces mouvements ont pour agent un tissu spécial que J. Müller (1) a caractérisé, en le désignant sous le nom de *tissu animal contractile susceptible de se résoudre en colle.* Il n'est qu'une variété du tissu cellulaire proprement dit, non point du tissu cellulaire tel que le comprenaient Bichat, Béclard et d'autres anatomistes, mais tel qu'il est décrit par les micrographes allemands.

Rappelons d'abord, en quelques mots, les caractères physiques propres au tissu cellulaire. Réduit à ses derniers éléments, il se compose de filaments, de fibrilles ou de cylindres longs et très déliés, mous et hyalins, de grosseur à peu près uniforme, et dont le diamètre est de 0,0003 à 0,0008 de ligne. Ces filaments, qui décrivent des ondulations souvent fort régulières, se joignent pour former des faisceaux unis entre eux par une substance que l'on considère comme amorphe. Ils sont regardés par Henle (2) comme des fibres de cellules; de leur réunion résulte ce que cet anatomiste appelle des *faisceaux primitifs.* La plupart de ces derniers sont dépourvus d'enveloppe spéciale; mais, dans beaucoup de points, ils sont entrelacés et retenus par des filaments plus fins encore que les fibres de cellules, et remarquables surtout par des replis considérables. Ils offrent encore comme caractère essentiel d'être insolubles dans l'acide acétique. Ces mêmes filaments ne sont pas toujours disposés en forme de spirale autour des faisceaux des fibres du tissu cellulaire : parfois ils marchent entre les faisceaux ; d'autres fois encore on trouve à leur place des corpuscules ovales, semblables à des cytoblastes, ou bien des granulations obscures serpentiformes ou anguleuses. A tous ces caractères, Henle reconnaît des fibres de noyaux (3). Pour le micrographe allemand, il y a donc dans le tissu cellulaire deux ordres de fibres : des fibres de cellules et des fibres de noyaux.

Quelle que soit, d'ailleurs, la structure du tissu cellulaire, ce tissu se présente dans les différents points de l'organisme où il a son siége, avec des propriétés bien différentes : tantôt il n'offre pas la moindre trace de contractilité; tantôt au contraire il subit, sous l'influence de certains agents, un changement temporaire qui le fait se raccourcir. Dans le premier cas, il existe à l'état de tissu cellulaire non contractile; dans le second, à l'état de tissu cellulaire contractile. C'est de cette dernière espèce que nous devons maintenant nous occuper.

Entre les parties de l'organisme où se trouve le tissu cellulaire contractile, nous

(*) Fig. 2, *Cils vibratils des Mammifères.* — Fig. 3, *ibid. des Reptiles.* — Fig. 4, *ibid. des Oiseaux.*

(1) *Manuel de physiologie*, t. II, p. 21. Trad. de Jourdan.

(2) *Anatomie générale*, t. I, p. 377. Trad. de Jourdan.

(3) *Ouv. cit.*, p. 380.

remarquons d'abord la peau : cette membrane présente, en effet, des fibres de tissu cellulaire dont la contraction devient bien manifeste dans le phénomène connu vulgairement sous le nom de *chair de poule*. Vient ensuite le dartos, membrane subjacente au scrotum et formée par des faisceaux longitudinaux de tissu cellulaire anastomosés entre eux : ces faisceaux forment un réseau à mailles rhomboïdales, allongées, dont le plus grand diamètre est perpendiculaire aux plis transversaux du scrotum froncé sur lui-même.

Le tissu cellulaire contractile se trouve encore dans les corps caverneux de la verge et peut-être aussi dans leur gaîne fibreuse.

En quelque endroit de l'économie qu'on le rencontre, il jouit de la propriété de se raccourcir sous l'influence de certains agents. Ce raccourcissement est bien apparent pour le dartos, car c'est lui qui détermine le froncement de la peau des bourses. Il n'est pas moins évident sur la peau des différentes parties du corps où il produit le phénomène désigné plus haut sous le nom de *chair de poule*. Il se manifeste encore dans la saillie et la dureté momentanée du mamelon, aussi bien chez l'homme que chez la femme.

Le mode de contraction du tissu cellulaire diffère complétement de celui du tissu musculaire. La contraction du premier ne s'opère que peu à peu, plus lentement encore que dans les muscles de la vie organique ; elle diffère encore de celle de ces muscles en raison de sa durée, qui est plus grande. La volonté est dépourvue d'influence sur sa production ; les irritations immédiates n'ont aucun effet sur son développement.

Pour que cette contraction ait lieu, il est nécessaire que les organes centraux du système nerveux soient dans un état déterminé, et c'est ainsi qu'apparaît le phénomène de la chair de poule dans la crainte ou la frayeur. L'électricité, qui agit si puissamment sur les muscles pour produire leur contraction, est sans effet sur le tissu cellulaire contractile. Une pile de soixante-cinq paires de plaques n'agit pas sur la face interne du scrotum, tandis qu'elle fait instantanément soulever le testicule par la contraction du crémaster (1).

Il en est de même des irritations mécaniques : l'excitation directe du tissu cellulaire contractile, au moyen d'instruments piquants, n'est suivie d'aucun effet appréciable ; tandis que le chatouillement, l'application externe du froid, provoquent instantanément la contraction du tissu du dartos.

Il semble pourtant que le système nerveux périphérique n'est pas tout à fait sans influence sur la réaction du tissu cellulaire contractile ; du moins est-il permis de le présumer d'après l'expérience suivante de Guenther (2) : Si l'on coupe les nerfs dorsaux de la verge, les corps caverneux deviennent flasques, en sorte que, chez le cheval, la verge s'imprègne d'une plus grande quantité de sang et sort du fourreau sans être capable d'entrer en érection.

III. MOUVEMENTS DUS AU TISSU ÉLASTIQUE.

La plupart des tissus de l'économie jouissent d'un certain degré d'élasticité ; mais nulle part cette propriété n'est plus marquée que dans les points où existe un tissu spécial connu, en anatomie générale, sous le nom de *tissu élastique*.

(1) *Manuel de physiologie* de J. Müller, t. II, p. 25. Trad. de Jourdan.
(2) *Untersuchungen und Erfahrungen im Gebiete der Anatomie*, etc. Hanovre, 1837, p. 64.

Le tissu élastique est formé d'éléments tantôt épars au milieu d'autres tissus, tantôt réunis soit en ligaments plats, soit en membranes. Ces éléments se distinguent très bien des fibrilles de tissu cellulaire appelées *fibres de cellules*, mais ils se différencient plus difficilement des fibres de noyaux de ce même tissu.

On peut, avec Henle (1), admettre trois variétés de tissu élastique, au point de vue de la forme qu'affectent les fibres qui le constituent.

La première variété, dont le type le plus parfait nous est représenté par le tissu élastique des cordes vocales inférieures, se compose de fibres qui ne diffèrent des fibres de noyaux du tissu cellulaire, qu'en ce que ces dernières sont isolées, tandis que les premières forment des faisceaux.

Une autre variété se rencontre dans le tissu des ligaments jaunes de la colonne vertébrale : elle résulte de fibres courbées en arc ou en S, qui fournissent des branches plus ou moins longues enroulées sur elles-mêmes à leur extrémité libre.

Une troisième variété est formée par une sorte de réseau que constituent des fibres anastomosées entre elles. On trouve un exemple remarquable de cette disposition dans la tunique élastique des vaisseaux.

Comme parties de l'organisme où se trouve le tissu élastique, nous signalerons d'abord les ligaments jaunes de la colonne vertébrale; puis les ligaments ou les membranes qui unissent les cartilages du larynx, de la trachée-artère et des bronches; les cordes vocales tant supérieures qu'inférieures. Une couche de fibres élastiques entoure l'œsophage à l'extérieur et réunit sa paroi antérieure avec la paroi postérieure des organes respiratoires. On trouve encore quelques fibres élastiques à la partie inférieure du rectum.

Certaines aponévroses, comme le *fascia lata*, offrent du tissu élastique dans leur épaisseur; ce tissu se rencontre encore dans le ligament suspenseur de la verge. On l'observe dans certaines membranes séreuses : ainsi, par exemple, dans le péritoine qui tapisse la paroi antérieure du bas-ventre, dans les ligaments suspenseurs du foie, etc.

Le même tissu existe dans l'épaisseur de la peau. La tunique des artères, qui est placée immédiatement au-dessous de la tunique celluleuse, renferme des fibres élastiques dont les caractères sont ceux de la troisième variété que nous avons signalée précédemment. Les veines renferment aussi des fibres de cette nature, mais moins développées que dans les artères.

Les mouvements opérés par le tissu élastique ne sont jamais spontanés. Ils ne résultent jamais de l'application d'un stimulus, ce qui explique pourquoi ils ont lieu sur le cadavre aussi bien que sur le vivant. Le tissu élastique joue d'ailleurs un grand rôle dans certains points de l'économie : ainsi, par exemple, les ligaments jaunes de la colonne vertébrale redressent cette tige osseuse lorsqu'elle a été fléchie en avant; les cordes vocales ont la propriété d'entrer en vibration surtout parce qu'elles renferment un tissu élastique; les aponévroses s'opposent à une trop forte distension des muscles; l'élasticité des artères est une propriété des plus importantes à considérer dans la circulation artérielle, etc.

(1) *Anatomie générale*, t. I, p. 431. Trad. de Jourdan.

IV. MOUVEMENTS DUS AU TISSU ÉRECTILE.

Il existe, dans certains points du corps de l'homme et des animaux, des organes susceptibles d'acquérir un volume plus ou moins considérable par l'abord du sang qui y afflue momentanément en plus grande quantité que dans l'état ordinaire ; ces organes sont formés d'un tissu connu sous le nom de *tissu érectile*.

La structure intime de ce tissu a été étudiée avec beaucoup de soin par plusieurs anatomistes. Pour s'en faire une idée exacte, il faut prendre pour type les corps caverneux de la verge.

Ceux-ci sont entourés par une membrane fibreuse, blanche, très solide, et douée d'une grande élasticité qu'elle doit à la présence d'un véritable tissu élastique dans son épaisseur. Cette enveloppe fibreuse peut être considérée comme une expansion du périoste qui revêt les branches de l'ischion ; elle envoie dans l'intérieur des corps caverneux une cloison intermédiaire qui offre des ouvertures ou fentes au moyen desquelles les deux corps caverneux communiquent l'un avec l'autre. De la face interne de cette enveloppe fibreuse naissent un grand nombre de faisceaux fibreux dont les uns sont très délicats, dont les autres sont très solides, blancs, tendineux. Ces cloisons ou *trabécules* s'entrecroisent, forment ainsi un nombre infini de mailles ou cellules dans lesquelles se prolonge la membrane interne des veines, cellules qui subissent, pendant le phénomène de l'érection, une dilatation manifeste.

Un point d'anatomie de texture qui a beaucoup occupé les anatomistes est la recherche de la disposition des artères par rapport aux cellules des corps caverneux. Tous s'accordent à reconnaître que les ramifications artérielles sont munies de parois fort épaisses ; tous encore avancent que ces ramifications sont de deux sortes : les unes fournissent des réseaux vasculaires destinés à la nutrition des cloisons ou des trabécules ; les autres traversent ces cloisons pour aller se continuer avec les veines des corps caverneux. Mais la disposition spéciale qu'affectent les vaisseaux appartenant à cette dernière catégorie a donné lieu à des interprétations diverses. J. Müller (1) a décrit, dans les corps caverneux, des artères spéciales, *artères hélicines*, qui, ayant une ligne de longueur sur 1/5 à 1/12 de ligne d'épaisseur, partent, à angle droit, des artères caverneuses, tantôt séparément, tantôt sous la forme de bouquets de trois à six divisions et davantage. Ces artères hélicines, d'après cet anatomiste, font saillie dans la cavité du tissu caverneux, se contournent en vrille et se terminent par un cul-de-sac conique ; ouvertes à leur extrémité, elles versent directement le sang dans les cellules des corps caverneux.

G. Valentin (2), qui s'est occupé de la même question, n'ayant pas pu vérifier les faits avancés par J. Müller, a été porté à admettre que les artères hélicines n'existent pas telles qu'elles ont été décrites. Il les considère comme un produit de l'art, et explique la configuration qui leur est propre par l'enroulement qu'elles subissent après avoir été déchirées. Reprenant ensuite la question sous le même point de vue, Valentin trouve que la disposition des réseaux capillaires artériels ne diffère pas, dans le tissu caverneux, de la disposition de ces mêmes réseaux dans d'autres organes. Les artères des corps caverneux sont, néanmoins, dit-il, con-

(1) MÜLLER'S *Arch.*, 1835, p. 202.
(2) *Même rec.*, 1838, p. 182.

tournées en tire-bouchon, et cette forme est en rapport avec les changements de volume que subissent ces organes eux-mêmes. Il signale encore un autre fait, à savoir que les artères se terminent par une extrémité dilatée en entonnoir et se continuent avec les veines, c'est-à-dire avec les mailles du tissu caverneux. Par conséquent, quel que soit le point de vue auquel on se place, que l'on adopte les idées de Müller ou celles de Valentin, toujours est-il qu'il faut reconnaître dans les artères des corps caverneux une disposition spéciale, disposition qui n'est sans doute pas étrangère au phénomène de l'érection.

On a également signalé, dans les trabécules des corps caverneux, des fibres tendineuses qui, chez certains mammifères, acquièrent un grand développement ; on y a trouvé des fibres musculaires analogues, pour la structure, à celles de l'intestin, et de plus un tissu élastique.

Quant aux mailles du tissu caverneux, elles sont, comme nous l'avons déjà fait remarquer, tapissées par la membrane interne des veines, revêtue d'une couche d'épithélium pavimenteux.

Le tissu érectile est susceptible de subir une turgescence plus ou moins considérable, de laquelle résulte le phénomène connu sous le nom d'*érection*. Plus tard, seulement, nous chercherons à apprécier les opinions émises à propos de ce phénomène (1) ; pour le moment, contentons-nous de rappeler que le tissu érectile n'est qu'un des nombreux moyens que la nature a mis en œuvre pour faire exécuter des mouvements à certains organes ou pour leur imprimer la rigidité nécessaire à l'accomplissement d'actes déterminés.

V. MOUVEMENTS DUS AU TISSU MUSCULAIRE.

Les muscles, soumis à certaines excitations dépendantes ou non de l'organisme, sont susceptibles de se raccourcir dans la direction de leurs fibres constituantes. La fibre musculaire offre ceci de particulier, qu'elle se contracte sous l'influence de l'électricité, qu'elle ne réagit pas sous l'impression du froid, caractères qui la différencient déjà de la fibre contractile du tissu cellulaire et de la fibre granulée ou élastique de la paroi des vaisseaux. Mais, indépendamment de ces différences, il en est d'autres que révèle le microscope et qui démontrent que le muscle est formé par un tissu spécial, à caractères nettement tranchés.

Il faut aussi tenir compte des réactions différentes que présentent, d'une part, le tissu musculaire, et, de l'autre, le tissu cellulaire contractile et les fibres granulées de la paroi des vaisseaux sous l'influence de l'ébullition dans l'eau. Quoique la différence ne soit pas absolue, on peut néanmoins dire, d'une manière générale, que ces derniers tissus se réduisent en colle par l'ébullition, et que rien de semblable n'arrive au tissu musculaire.

Il existe deux espèces distinctes de fibres musculaires, les unes propres aux muscles de la vie animale, et les autres aux muscles de la vie organique, fibres qui diffèrent autant par leur texture que par plusieurs de leurs propriétés (2).

(1) T. II, 3e partie, p. 126.

(2) Les fibres qui entrent dans la composition de l'iris ont été tour à tour assimilées aux fibres du tissu cellulaire, et à celles des muscles de la vie organique ; on les a également considérées comme des fibres particulières. Nous examinerons la valeur de ces diverses opinions, seulement à propos de la physiologie spéciale de l'iris.

Les fibres de la première espèce sont encore appelées *fibres musculaires à stries transversales*. L'œil, aidé d'instruments grossissants, reconnaît que tout muscle est composé de faisceaux parfaitement distincts, et désignés sous le nom de *faisceaux primitifs*. Ceux-ci forment, par la réunion d'un certain nombre d'entre eux, des faisceaux secondaires dont chacun est entouré d'une gaîne de tissu cellulaire ; enfin les faisceaux secondaires donnent lieu, par leur réunion, à la formation de faisceaux tertiaires, etc.

Les faisceaux primitifs ont une largeur de 0,005 à 0,006 de ligne (1). Ces dimensions sont, néanmoins, variables. En général, ils sont cylindriques; parfois, ils sont aplatis. Les plus gros laissent apercevoir un certain nombre de stries longitudinales obscures, disposition qui a contribué à faire admettre par les micrographes modernes, Henle (2), J. Müller (3), R. Wagner (4), etc., que chaque faisceau primitif se compose lui-même de fibres dites *primitives*. Une autre particularité caractérise les muscles de la vie animale et les différencie, de prime abord, des muscles de la vie organique : les faisceaux primitifs des premiers ont leur surface couverte de stries transversales, stries constantes, mais qui offrent quelques variétés dans leur configuration (fig. 5).

Fig. 5.



Quelle est la signification de ces stries? Fontana (5), qui les a très bien figurées, les décrit sous le nom de *taches blanches* et les regarde comme dues à ce qu'il appelle les petits signes ou diaphragmes des *fils charnus primitifs*. Fontana rapportait les stries au contenu et non au contenant du faisceau primitif, c'est-à-dire à la membrane qui entoure ce dernier. Quelques observateurs modernes ont cherché à faire prévaloir une opinion contraire à la précédente, en rattachant les stries à des plis que formerait la membrane celluleuse de chacun des faisceaux primitifs. Cette opinion a été soutenue par Prévost et Dumas (6) :

« Les fibres secondaires (faisceaux primitifs) se voient, disent-ils, comme des cylindres barrés en travers par un nombre considérable de petites lignes sinueuses placées à la distance régulière de $\frac{1}{300}$ de millimètre. Cet aspect paraît dû à la gaîne membraneuse dont ils sont revêtus, et on ne les retrouve pas dans les fibres secondaires qui ont été fendues ou déchirées. »

Une étude plus attentive des faisceaux primitifs a appris que les stries transversales sont dues aux fibres primitives des muscles et qu'elles résultent des inflexions très légères que ces fibres présentent. Sans aucun doute, la gaîne qui entoure le faisceau primitif, et qui est de nature celluleuse, offre également des plis; mais ces derniers n'apparaissent que pendant la contraction musculaire, et c'est précisément cette circonstance qui les différencie entièrement des stries transversales, dont l'existence est constante.

(1) Henle, *Anat. génér.*, t. II, p. 122.
(2) *Ouv. cit.*, p. 124.
(3) *Physiologie*, t. II, p. 29. Trad. de Jourdan.
(4) *Addition à la physiologie de Burdach*, t. VII, p. 291. Trad. de Jourdan.
(5) *Traité du venin de la vipère*, t. II, p. 228.
(6) *Mémoire sur les phénomènes qui accompagnent la contraction des fibres musculaires.* Dans le *Journal de physiologie expérimentale*, t. III, p. 304.

Henle (1) a émis, sur les stries transversales, un sentiment qui diffère des opinions précédentes. Il suppose que les fibres primitives des faisceaux musculaires sont entourées extérieurement de larges rubans annulaires ou en forme de spirale. Cette manière d'envisager les stries transversales est conforme aux idées de Raspail (2) sur le même sujet.

Quant à la forme des fibres primitives des faisceaux musculaires, les auteurs sont loin d'être d'accord. D'après Home et Bauer (3), ces fibres sont dues aux noyaux des corpuscules du sang; suivant Prévost et Dumas (4), elles sont moniliformes et résultent du rapprochement d'une série de globules. Cette dernière opinion est également celle de Krause, Lauth, Schwann, etc. Au contraire, Valentin (5) et Krause, dans ses dernières recherches, admettent que les fibres primitives sont rectilignes et homogènes ; Wagner (6) laisse la question indécise. Enfin Bowman (7) a donné une autre interprétation : suivant lui, les faisceaux primitifs se divisent en filaments dans le sens de la longueur, et en disques dans le sens de la largeur. On peut considérer les faisceaux comme composés de particules primitives qui sont unies dans le sens transversal et dans le sens longitudinal. Ces particules représentent des filaments quand on conserve leurs unions longitudinales, et des disques lorsqu'on ne conserve que leurs unions latérales.

Au milieu d'opinions si diverses, on se demande laquelle il faut adopter. Je ferai d'abord observer que tous les micrographes qui n'ont pas aperçu distinctement les inflexions que forment, dans l'état normal, les fibres primitives, ont été trompés par des illusions d'optique. Ainsi, par exemple, la partie saillante de l'ondulation des fibres a été considérée comme formant un globule, et la partie rentrante comme le point d'union des globules : c'est là ce qui explique l'erreur dans laquelle sont tombés la plupart des auteurs qui ont considéré les fibres primitives comme formées de globules. Les recherches microscopiques les plus récentes portent à penser que les fibres primitives sont hyalines, pleines, amorphes et légèrement sinueuses, c'est-à-dire qu'elles offrent des inflexions extrêmement fines, inflexions donnant à la surface du faisceau primitif cette apparence striée qui est le cachet des muscles de la vie animale.

Le tissu musculaire à faisceaux striés forme tous les muscles qui partent du squelette ; les muscles de l'œil, ceux de l'oreille interne, de la langue, du voile du palais, du larynx, du pharynx, le peaucier, les sphincters externes et les muscles du périnée. Les faisceaux striés entrent encore dans le tiers supérieur de l'œsophage et dans la partie inférieure du rectum ; enfin, on les rencontre dans toute l'étendue du cœur et sur le commencement des gros troncs veineux.

Les fibres musculaires de la vie organique, que l'on appelle encore *fibres musculaires lisses*, se présentent sous un tout autre aspect que les fibres musculaires

(1) *Anatomie générale*, t. II, p. 127.
(2) *Nouveau système de chimie organique.*
(3) *Phil. trans.*, 1818, p. 176.
(4) *Journal de physiologie expérimentale*, t. III, p. 303.
(5) HECKER'S *Annalen*, vol. II, p. 69.
(6) BURDACH, *Physiol.*, vol. VII, p. 294.
(7) *Edinb. philos. journal*, 1841.

de la vie animale. D'abord, elles ne sont pas réunies de façon à former des faisceaux primitifs, c'est-à-dire qu'elles ne sont pas entourées d'une membrane propre qui isole un certain nombre de ces fibres pour en faire un petit groupe bien distinct du groupe voisin. Elles sont constituées par une série de lignes qui sont autant de fibres primitives, et jamais elles ne présentent ces stries transversales sur lesquelles nous avons insisté précédemment. Henle (1) les décrit et les représente comme formées de petites plaques analogues à celles qu'on obtient de la tunique à fibres annulaires des artères et de la tunique à fibres longitudinales des veines. Ces plaques offrent le plus souvent un noyau ou des traces de noyau. On rencontre encore des fragments de fibres qui sont larges, très plates et roides (2). Enfin, entre ces plaques marchent des fibres de noyaux dont l'ensemble donne lieu, suivant Henle, à un réseau qu'il compare à celui des fibres de noyaux de la tunique moyenne des artères. Ce qui permet de différencier ces dernières fibres des autres, c'est leur insolubilité dans l'acide acétique.

Les fibres musculaires lisses ou organiques se trouvent dans toute l'étendue du canal intestinal, depuis les deux tiers inférieurs de l'œsophage jusqu'à l'anus; dans les parois des conduits excréteurs qui communiquent avec le tube digestif, dans la vessie et les uretères, les canaux déférents, les vésicules séminales, l'utérus, enfin dans la trachée-artère et les bronches.

D'après ce qui précède, on voit que la présence ou l'absence de la striation transversale est le seul caractère distinctif des muscles de la vie animale et des muscles de la vie organique. Qu'on veuille bien maintenant se rappeler que les stries transversales sont, ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer, la traduction, à l'extérieur du faisceau primitif, des ondulations des fibres primitives, ondulations qui manquent dans les fibres des muscles organiques, et dès lors on sera porté à admettre, en ayant égard à l'étendue et à la vivacité des mouvements des muscles striés, à l'obscurité et à la lenteur des mouvements dans les muscles plats, que l'aspect strié n'est que le vestige de la contraction musculaire persistant dans les éléments fibrillaires des faisceaux primitifs.

Je ne quitterai pas ce sujet sans faire mention de quelques vues ingénieuses émises par Dutrochet (3) sur le mode de formation de la fibre musculaire. Si l'on soumet du blanc d'œuf à l'action de la pile, on voit, au moyen du microscope, se former autour du pôle positif une sorte d'atmosphère transparente que Dutrochet appelle *onde positive*. Autour de cette onde et dans l'albumine environnante, on aperçoit une série d'ondulations continuelles. Soumet-on à la même action de l'eau rendue émulsive par du jaune d'œuf, il apparaît une onde diaphane jaunâtre autour du pôle négatif, et une onde opaque à sa circonférence, diaphane, jaunâtre dans son centre, au pôle positif. Ces deux ondes finissent par arriver au contact l'une de l'autre. Sur la ligne de leur jonction, il se forme un solide allongé; ce solide est constitué par une série de globules agglomérés; il se contracte comme une véritable fibre musculaire, en se pliant en zigzag dans le sens

(1) *Anat. génér.*, t. II, p. 118.
(2) HENLE, *loc. cit.*
(3) *Recherches sur la formation de la fibre musculaire.* Dans *Annal. des sc. nat.*, t. XXIII, p. 459.

de la longueur. Si, continuant l'expérience, on intervertit les rapports des fils conjonctifs de la pile, de manière à mettre le pôle positif à la place du négatif, et *vice versâ*, la fibre qui s'est développée tout à l'heure, sous les yeux de l'observateur, disparaît ; puis deux nouvelles ondes se forment, s'avancent l'une vers l'autre et donnent de nouveau naissance à un organe contractile entièrement semblable à celui qui s'était montré d'abord.

Si l'on fait agir la pile sur une émulsion de jaune d'œuf à laquelle on ajoute une petite quantité d'alcali, il ne se manifeste plus qu'une seule onde, qui naît au pôle positif ; le reste du liquide constitue l'onde négative, et il se forme, comme dans le cas précédent, un organe contractile qui est plissé.

Enfin, remplace-t-on le liquide précédent par quelques gouttes de sang dissoutes dans de l'eau légèrement alcaline, il y a aussi apparition de deux ondes et formation d'un organe contractile dont la couleur est rouge, et qui, suivant Dutrochet, paraît ne différer en rien d'un muscle de l'animal qui a fourni le sang ayant servi à l'expérience. En effet, la contraction musculaire consiste, d'après Prévost et Dumas, dans un plissement de la fibre en zigzag, et cette fibre est elle-même formée, suivant ces physiologistes, d'une série de globules. Dans l'expérience faite par Dutrochet, le solide linéaire qui prend naissance est constitué par une agrégation de globules, et il y a apparition de flexuosités analogues à celles d'un muscle en état de contraction. Mais, pour rendre l'assimilation complète entre ce solide et la fibre musculaire, Dutrochet invoque encore un autre argument : d'après des recherches qui lui sont propres, il admet que la fibre musculaire est composée, sur deux de ses côtés opposés, de substances organiques pourvues de qualités électrochimiques différentes. Les fibres créées artificiellement par l'action de la pile sur l'émulsion de jaune d'œuf ou sur le sang lui paraissent également formées de deux matières organiques douées d'une nature chimique et d'une électricité différentes, car l'interversion des pôles de la pile en dissocie les éléments et les transporte en sens opposé. En résumé, pour Dutrochet, la formation de la fibre musculaire s'expliquerait par l'intervention de l'électricité.

Propriétés des muscles.

I. Les muscles sont doués d'*extensibilité*, propriété qui est mise en jeu dans un grand nombre de circonstances.

Il suffit de réfléchir aux effets produits par la contraction musculaire, pour comprendre qu'à la contraction de muscles déterminés doive répondre un allongement dans les muscles antagonistes : la flexion de l'avant-bras sur le bras, due aux biceps et brachial antérieur, éloigne les insertions du triceps brachial, et conséquemment allonge ce dernier muscle ; la même chose arrive, dans l'extension de la jambe sur la cuisse, par rapport aux muscles biceps crural, demi-tendineux et demi-membraneux. Beaucoup de fonctions organiques ne sauraient s'accomplir sans la propriété dont il s'agit : comment se rendre compte, sans elle, de la distension de l'estomac par les aliments et les liquides qui y sont introduits ; de celle que subit le rectum ou la vessie, quand les matières fécales ou l'urine s'accumulent dans ces organes ? La tunique musculaire de la plupart des viscères creux de l'économie est ainsi normalement assujettie à des alternatives de dilatation et de resserrement.

Dans l'état pathologique, la même propriété se révèle : c'est ainsi que les muscles

qui recouvrent des tumeurs de diverses sortes subissent un allongement proportionnel au degré de développement des tumeurs subjacentes.

II. Les muscles ont une tendance continuelle à se raccourcir, et cette propriété, que l'on désigne sous le nom de *tonicité*, que Bichat (1) a appelée contractilité de tissu, est en lutte incessante avec l'extensibilité.

Si l'on fait la section d'un muscle, les deux bouts de l'organe se rétractent en sens opposé, et il en résulte un écartement proportionnel à la longueur des fibres. De là la nécessité, dans les plaies qui intéressent les muscles, de donner à la partie blessée une situation qui, en permettant le rapprochement des extrémités, favorise la formation d'une cicatrice. De là encore un certain nombre de préceptes donnés par les chirurgiens et applicables à l'amputation des membres; la tonicité des muscles mettant l'os à découvert à une distance plus ou moins considérable au-dessus de l'incision faite à la peau.

Il faut aussi avoir égard à la tonicité des muscles dans l'état morbide : dans l'hémiplégie faciale, par exemple, la distorsion de la bouche et du nez reconnaît pour cause la perte de la tonicité dans les muscles du côté paralysé, et la persistance de cette même propriété dans les muscles du côté sain.

III. La *sensibilité générale* est peu développée dans les muscles. On peut irriter ces organes sur les animaux, soit avec des irritants chimiques, soit avec des irritants mécaniques, sans développer des douleurs bien appréciables. Cela s'observe aussi bien sur les muscles de la vie animale que sur ceux de la vie organique. Haller (2) n'a jamais pu se convaincre par lui-même de la sensibilité du cœur, et une expérience faite sur l'homme, par Harvey, a résolu la question par la négative : il s'agissait d'un malade chez lequel une carie du sternum avait mis le cœur à découvert; cet organe fut irrité sans éveiller aucune douleur. Les expériences que Bichat (3) a exécutées sur la tunique musculeuse de la vessie lui ont donné un résultat conforme au précédent.

Les muscles possèdent une sensibilité toute spéciale, à laquelle nous devons la sensation de fatigue, sensation qui, elle-même, se développe par le fait de contractions musculaires trop souvent répétées, et dont le but est d'avertir l'homme ou les animaux de mettre un terme à des exercices immodérés.

La sensation des mouvements exécutés par nos membres ou d'autres parties de notre corps, la conscience que nous avons de l'attitude de ces parties, reconnaissent aussi pour cause un mode de sentir propre au système musculaire.

Les muscles jouissent encore de la faculté de fournir des notions sur le degré de résistance des corps dont nous apprécions la pesanteur, sujet sur lequel j'aurai occasion de revenir en traçant l'histoire du sens du toucher.

IV. L'*irritabilité musculaire* est cette propriété qu'a la fibre charnue de se raccourcir, en oscillant et en se fronçant, à l'occasion de certaines excitations, soit immédiates, soit extérieures à la fibre elle-même.

Avant de faire connaître les conditions fondamentales de l'irritabilité muscu-

(1) *Anat. génér.*, t. III, p. 337.
(2) *Mém. sur les part. irrit. et sens.*, t. I, p. 37 et 38.
(3) *Ouv. cit.*, t. III, p. 456.

laire, telles qu'elles résultent de mes propres expériences, j'exposerai quelques particularités relatives à cette propriété.

Et d'abord, on sait qu'après la cessation des phénomènes de la vie, les muscles peuvent demeurer irritables pendant un temps variable selon diverses circonstances. Nysten (1), après avoir expérimenté sur des cadavres humains provenant d'individus décapités, a établi que les organes contractiles de l'homme perdent leur irritabilité dans l'ordre suivant : En premier lieu, le ventricule gauche ou aortique, puis l'estomac et les intestins; c'est de 45 à 55 minutes après la mort, que toute contractilité disparaît dans ces parties, quand bien même on les soumet à l'influence des excitants les plus énergiques tels que l'électricité. Le ventricule pulmonaire se contracte pendant 1 heure, l'œsophage pendant 1 heure 30 minutes, l'iris pendant 1 heure 45 minutes. Parmi les muscles de la vie animale, ceux du tronc cessent d'être irritables avant ceux des membres; les muscles des membres abdominaux cessent de répondre aux stimulants avant ceux des membres thoraciques. La durée de la contractilité de ces organes a d'ailleurs singulièrement varié dans les diverses expériences entreprises par Nysten : elle a oscillé entre 2 heures 40 minutes et 7 heures 50 minutes. Constamment les oreillettes du cœur ont conservé leur contractilité alors même que cette propriété était complétement abolie dans tous les muscles de l'économie ; et, des deux oreillettes, c'est l'oreillette droite qui a présenté les dernières traces de réaction au courant électrique.

Nysten (2) s'est aussi appliqué à rechercher l'influence que l'air extérieur et la présence de gaz injectés dans le cœur exercent sur la contractilité de cet organe. Il a remarqué que l'action de l'atmosphère nuisait à la durée de la contractilité du cœur comme à celle des autres organes musculaires. En injectant différents gaz dans le cœur droit de divers animaux, et notamment de chiens, il a constaté que l'oxygène augmente la contractilité du cœur; que l'azote ne semble avoir aucune action bien déterminée, et que l'acide carbonique et l'hydrogène sulfuré diminuent sensiblement la contractilité de cet organe.

On peut se demander si les maladies ont une certaine influence sur le degré de persistance de cette propriété, après la mort. On conçoit que de pareilles expériences soient d'une exécution difficile, et que d'ailleurs elles doivent être bornées à certaines régions du corps. De quarante expériences, entreprises sur des sujets morts de diverses maladies, Nysten s'est cru autorisé à conclure que l'irritabilité s'éteint plus rapidement dans les muscles droits et obliques de l'abdomen que dans les muscles pectoraux ; dans les muscles du tronc que dans ceux des membres. D'après le même observateur, les affections chroniques altèrent ou font cesser l'irritabilité musculaire plus rapidement que les maladies aiguës.

En passant de l'homme aux animaux, et en recherchant la durée de la précédente propriété dans les principales classes des vertébrés, Nysten a constaté que, chez le chien par exemple, l'ordre dans lequel les organes musculaires perdent leur irritabilité, est le suivant : le ventricule gauche, le gros intestin, l'intestin grêle, l'estomac et la vessie; l'iris, le ventricule droit, les muscles de la vie animale et l'œsophage ; enfin, les oreillettes, et, en dernier lieu, l'oreillette droite. Cette dernière ne cesse d'être sensible au galvanisme que plus de huit heures après

(1) *Recherches de physiol. et de chimie pathol. — De la contractilité des organes musculaires chez l'homme*, etc., p. 315 et suiv.
(2) *Loc. cit.*

la mort. Dans les oiseaux à estomac membraneux, les choses se passent comme chez les mammifères. Dans les oiseaux à gésier, ce dernier organe cesse d'être irritable avant les intestins. Suivant Nysten, les oiseaux de haut vol, tels que l'épervier, et ceux qui déploient pendant la vie une grande activité musculaire (le chardonneret, la linotte, le bruant, etc.), perdent leur faculté contractile plus promptement que les oiseaux qui ont des mouvements faibles et lents, comme certains gallinacés.

Le même auteur a entrepris une série d'expériences sur des carpes et a constaté que la contractilité disparaissait dans l'ordre suivant : l'intestin, le ventricule, les muscles du tronc, les muscles des nageoires, l'oreillette et la veine cave. Ces deux derniers organes ne cessent d'être excitables que neuf à dix heures après la mort.

Enfin, l'ordre dans lequel la contractilité s'éteint dans la classe des reptiles, chez les grenouilles, par exemple, est le même que dans les autres classes d'animaux vertébrés; mais la durée absolue de la contractilité est ici beaucoup plus longue.

Certains agents diminuent la durée de l'irritabilité musculaire. D'après les expériences de Nysten, les muscles des animaux qui ont péri dans les gaz acide carbonique, hydrogène, oxyde de carbone, acide sulfureux, etc., restent moins longtemps irritables que les muscles des animaux qui ont succombé dans l'air atmosphérique ; résultat qui s'accorde assez bien avec celui qui a été signalé plus haut, relativement à l'influence de l'injection de gaz de diverses natures dans le cœur. Mais un autre résultat assurément imprévu, c'est que l'inhalation des gaz qui font périr les animaux sur-le-champ, comme les gaz nitreux et l'acide chlorhydrique, ne semble pas agir d'une manière bien appréciable sur l'irritabilité.

Dans mes expériences relatives aux effets de l'inhalation de l'éther sulfurique sur le système nerveux des animaux (1), j'ai maintes fois reconnu, après la mort, que l'irritabilité des muscles et l'excitabilité des nerfs du mouvement durent beaucoup moins, chez les animaux tués par l'éther, que chez ceux qui ont succombé à une autre cause de mort, à la section du bulbe, par exemple.

Des décharges électriques, assez intenses pour produire la mort, peuvent détruire instantanément l'irritabilité musculaire.

Avec l'appareil du professeur A. Masson (2) et deux éléments ordinaires de la pile de Bunsen, j'ai pu tuer plusieurs lapins en quelques minutes : les extrémités des réophores, suffisamment espacées, avaient été placées au-dessous des téguments du tronc. Un fait qui m'a beaucoup frappé, dans ces expériences, c'est d'abord la perte absolue de toute excitabilité dans l'appareil nerveux moteur, immédiatement après la mort. J'ai appliqué successivement à divers troncs nerveux et à leurs ramuscules terminaux des courants *direct* et *inverse* d'une grande puissance, sans jamais parvenir à déterminer les moindres contractions musculaires. Quant aux muscles eux-mêmes, comme nous l'avons constaté Masson et moi, la plupart avaient

(1) Mém. inséré dans les *Arch. génér. de méd.*, t. XIII, p. 380, 4e série, 1847.

(2) Cet appareil consiste en une roue métallique, supportée par un axe également métallique, que l'on fait tourner au moyen d'une manivelle sur deux coussinets amalgamés. Un de ces coussinets communique avec l'un des pôles de la pile, et l'autre pôle est en rapport avec un fil qui, après s'être enroulé en spirale autour d'un cylindre de fer doux, aboutit à une lame métallique immobile que les dents de la roue peuvent venir frapper successivement. Quand on fait tourner celle-ci, le circuit est fermé chaque fois que la lame touche une des dents, et il s'interrompt au moment où un des interstices se met en rapport avec elle : en saisissant avec les mains mouillées les deux extrémités du conducteur, on éprouve alors une série de violentes secousses dans les bras.

complétement cessé d'être irritables, et quelques uns réagissaient d'une manière à peine appréciable, quoique les extrémités des réophores fussent plongées dans leur épaisseur.

L'influence de la congélation sur l'irritabilité musculaire a fixé l'attention de Carlisle (1). En exposant une moitié inférieure de grenouille à la température de 30 degrés F. (— 0 $\frac{8}{9}$ R.), et en maintenant cette portion congelée pendant huit heures, il a observé qu'après le dégel l'irritabilité n'avait rien perdu de son intensité. Une autre moitié de grenouille, maintenue pendant douze heures à une température de 12 degrés F. (— 5 $\frac{3}{9}$ R.), a fourni un résultat semblable.

Le même observateur a étudié l'influence de températures élevées sur la propriété qui nous occupe : il a constaté qu'à 100 degrés F. (30 $\frac{2}{9}$ R.), les muscles des animaux à sang froid perdent l'irritabilité, et qu'à 110 degrés F. (34 $\frac{4}{9}$ R.), celle-ci disparaît également dans les muscles des animaux à sang chaud. Carlisle a encore recherché l'influence de l'immersion des muscles dans divers liquides, et il a reconnu qu'un muscle plongé dans une solution de sulfure de potasse cesse d'être irritable au bout de vingt minutes; qu'après ce même temps l'irritabilité se retire d'un muscle immergé dans une solution étendue d'acide acétique; qu'au contraire elle s'y conserve si l'on emploie une solution de potasse, et qu'elle disparaît quand on se sert d'eau distillée pure.

Entre l'irritabilité, cette propriété qui caractérise les muscles vivants, et la cohésion ou la ténacité de ces organes dans le sens de la longueur de leurs fibres, il existe une corrélation remarquable qui a été signalée par Carlisle (2).

Quand un muscle cesse d'être irritable, sa force de cohésion, dans le sens de ses fibres ou de sa longueur, est diminuée. L'expérience suivante le prouve : Après avoir écorché la moitié inférieure d'une grenouille, séparée du tronc, mais encore attenante aux os du bassin, Carlisle plongea la cuisse et la jambe d'un côté pendant deux minutes, dans de l'eau à 115 degrés F. (37 R.). Ce temps suffit pour faire cesser l'irritabilité dans ces parties. L'os de chaque cuisse fut fracturé vers le milieu de sa longueur, sans attaquer les muscles, et un plateau de balance fut attaché à chacun des pieds; des poids successivement croissants furent mis dans ces plateaux, jusqu'à rupture de part et d'autre. La cuisse, dans laquelle l'irritabilité était détruite, fut rompue dans l'endroit le plus charnu du muscle, par un poids de 5 livres; l'autre porta 6 livres avant de se rompre de la même manière. On répéta l'expérience sur d'autres grenouilles, et constamment le membre encore irritable soutint un poids d'un sixième plus considérable que celui auquel cédait le membre qui avait perdu son irritabilité.

Phénomènes qui accompagnent la contraction musculaire.

Lorsqu'on observe un muscle pendant sa contraction, par exemple un des muscles longs d'un membre, on voit que ce muscle se raccourcit, qu'il se gonfle et se durcit. Il suffit de porter la main sur le bras d'un homme vigoureux au moment où il ploie fortement son avant-bras, pour constater ces trois phénomènes,

(1) *On muscular motion*. Dans *Philos. transact.*, et dans *Biblioth. britannique*, t. XXXI, p. 112.

(2) *Philos. trans.*, 1804.

qui sont essentiellement liés les uns aux autres. Ici se présente tout d'abord une question qui a donné lieu à de nombreux débats et fourni matière à des expériences plus ou moins ingénieuses : je veux parler de la persistance du volume absolu du muscle.

I. Dans le but d'expliquer le mécanisme de la contraction musculaire, Prochaska (1) a supposé que le sang afflue dans les vaisseaux du muscle contracté, que ce liquide dilate les vaisseaux situés dans le sens transversal et raccourcit les vaisseaux situés dans le sens longitudinal.

Cette théorie, d'après son auteur, rend compte de la diminution de longueur du muscle, de l'augmentation de celui-ci en largeur, mais elle admet implicitement que, par l'abord du sang en plus grande quantité, le volume total du muscle doit être accru.

Avant Prochaska, Borelli (2) avait pensé que le volume du muscle augmente pendant la contraction, et, avant Borelli, Glisson (3) avait déjà cherché à vérifier expérimentalement la même opinion : il se servit d'un tube de verre propre à contenir le bras d'un homme ; à ce tube fut annexée une petite branche ; l'appareil une fois luté avec le bras et rempli d'eau, on fit exécuter de fortes contractions au membre, et l'on observa au même moment un abaissement dans le niveau de l'eau contenue dans la petite branche. Aussi, contrairement à son premier sentiment, Glisson soutint-il que, pendant la contraction, le volume du muscle diminue.

Carlisle (4) ayant répété l'expérience de Glisson et constaté une élévation dans le niveau du liquide renfermé dans le tube latéral, au lieu d'un abaissement, en a conclu, bien entendu, que le volume du muscle augmente pendant la contraction.

Antérieurement à Carlisle, G. Blane (5) avait varié la même expérience : Il plonge la moitié postérieure d'une anguille dans un flacon plein d'eau. Ce flacon présente lui-même un col étroit à travers lequel on introduit un fil de fer qui passe par le milieu d'un bouchon fermant le vase ; à ce dernier se trouve adapté un tube latéral. Au moyen du fil de fer mobile, on peut aller piquer le tronçon d'anguille de manière à obtenir des contractions. Blane, n'ayant reconnu aucun changement dans le niveau de l'eau, affirme que, pendant la contraction, le volume du muscle reste invariable.

Barzellotti (6) a exécuté, à l'exemple de Blane, l'expérience suivante : Il se sert d'un vase conique, de la partie inférieure duquel s'élève latéralement un tube aussi étroit que celui d'un thermomètre. Le vase est rempli d'eau, et au fond se trouve une pièce d'argent. On introduit dans l'appareil la moitié inférieure d'une grenouille dont le nerf crural est armé d'étain, et, à l'instant où le nerf est rapproché de la pièce d'argent, survient une contraction des muscles de la grenouille. Si, à ce moment, on observe le niveau de l'eau dans le tube latéral, on n'y remarque aucun changement ; d'où Barzellotti a conclu, contrairement à l'opinion énoncée

(1) *De carne musculari*, in *Op. min.* pars, I, § II. Viennæ, 1800.
(2) *De motu animalium*. Romæ, 1681.
(3) *Tractatus de ventriculo et intestinis*, cap. VIII. Londres, 1676.
(4) *Transact. philos.*, 1804 ; et *Biblioth. britannique*, vol. XXXI, p. 109.
(5) *Lecture on muscular motion*. Dans *Philos. transact.*, 1791.
(6) *Esame di alcune moderne teorie interno alla causa prossima della contrazione muscolare*. Siena, 1796. — *Sur la cause prochaine de la contraction musculaire*. Dans *Biblioth. britannique*, 1806, t. XXXII, p. 221.

par Glisson et Carlisle, que le volume absolu du muscle ne change pas pendant la contraction.

Barzellotti (1) a voulu également vérifier si la théorie de Prochaska était admissible. Après avoir coupé les vaisseaux d'un muscle au moment de sa contraction, il s'est assuré, au moyen du microscope, qu'il n'y avait aucun mouvement du sang au niveau des ouvertures des vaisseaux coupés. Mais ce qui donne, suivant Barzellotti, un démenti éclatant à la théorie précédente, c'est que le muscle se contracte sous l'influence d'excitants, alors même que par le refroidissement on a déterminé la coagulation du sang renfermé dans les vaisseaux de l'organe (Exp., 7, 8, 9). Ajoutons que, contrairement aussi à l'opinion de Prochaska, Carlisle (2) affirme que la quantité de sang qui imprègne un muscle, au moment de la contraction, est moindre que pendant l'état de repos.

Plus récemment encore, Prévost et Dumas (3) ont répété l'expérience de Barzellotti et l'ont variée en disposant dans un flacon des masses musculaires plus considérables, afin de multiplier l'effet dû à la variation de volume présumée ou possible pendant la contraction. Comme Barzellotti, ils n'ont observé aucun changement dans le niveau du tube.

De ces dernières expériences, il semble donc rationnel de conclure que, quand un muscle se contracte, son volume absolu ne change pas, et que le muscle contracté gagne en épaisseur ce qu'il perd en longueur.

II. Un autre phénomène qui mérite notre attention, c'est la présence de rides ou de plis à la surface du muscle pendant sa contraction. Prévost et Dumas (4) ont bien étudié et décrit tous les faits qui se rattachent à ce point intéressant de la contraction musculaire. Pour l'apercevoir, ils conseillent de transporter sous le microscope le muscle sterno-pubien de la grenouille, et de le soumettre à un courant électrique : aussitôt que le courant est établi, le muscle se contracte, les fibres parallèles qui le composent se fléchissent en zigzag et présentent un grand nombre d'ondulations régulières ; dès que la contraction cesse, ces mêmes ondulations disparaissent. Du reste, elles ont toujours lieu dans des points déterminés et ne changent jamais de position lorsque, après avoir interrompu le courant, on le rétablit.

De ce que les fibres musculaires deviennent flexueuses et ondulées, il en résulte que les bords du faisceau présentent une série successive d'angles saillants et rentrants. Ces angles ont une ouverture qui varie d'après le degré de la contraction ; mais jamais Prévost et Dumas n'ont pu arriver, même à l'aide des contractions les plus fortes, à produire un angle de 50 degrés ou au-dessous.

Ces observateurs se sont attachés à mesurer, avec la plus scrupuleuse exactitude, les distances qui séparent les lignes allant d'un angle à l'autre et la longueur des lignes qui suivraient les sinuosités ou ondulations de la fibre contractée. Ils sont ainsi arrivés à reconnaître que la fibre musculaire se raccourcit de 23 centièmes. La détermination directe du degré de raccourcissement du muscle, en mesurant, d'une part, la longueur du muscle relâché, et, d'autre part, la longueur du muscle contracté, leur a permis de constater que ce raccourcissement était de 27 centièmes, chiffre qui se rapproche du précédent.

(1) *Rec. cit.*, t. XXXII, p. 228.

(2) *On muscular motion.* Dans *Philos. trans.*, 1804 ; et *Biblioth. britannique*, t. XXXI, p. 115.

(3) *Mémoire sur les phénomènes qui accompagnent la contraction de la fibre musculaire.* Dans *Journ. de physiol. expérim.*, 1823, t. III, p. 301.

(4) *Loc. cit.*

Ces observations démontrent donc que le raccourcissement de la fibre, pendant la contraction, est dû seulement à la flexion de la fibre elle-même.

Prévost et Dumas ne se sont pas arrêtés à ces premières données ; ils ont voulu pousser plus loin l'investigation, en déterminant le mode de terminaison des nerfs dans les muscles. Ils admettent que les filets nerveux, qui naissent des ramuscules, se jettent dans le muscle perpendiculairement à ses propres fibres, pour retourner dans le tronc qui les a fournis, ou bien encore aller s'anastomoser avec un tronc voisin ; que si l'on fait passer un courant électrique au travers d'un muscle, on voit les sommets des angles formés par les fibres contractées correspondre au passage des filaments nerveux.

C'est d'après cette double observation que Prévost et Dumas ont prétendu que le phénomène de la contraction musculaire est produit par des courants électriques qui, traversant les filets nerveux parallèles, détermineraient leur attraction réciproque, d'après la loi formulée par Ampère sur les courants dirigés dans le même sens.

On voit que cette théorie se lie immédiatement à la question de l'existence supposée de courants électriques dans les nerfs. Cette question mérite d'être étudiée à part ; nous l'avons réservée pour un paragraphe spécial.

S'il nous est démontré que la flexion en zigzag des faisceaux musculaires rend compte du raccourcissement du muscle pendant la contraction, il n'en est pas de même de l'opinion formulée par Lauth (1), qui prétend expliquer le raccourcissement du muscle par le rapprochement des globules qui constituent les fibres primitives. Cette interprétation repose, comme on le voit, sur une structure des fibres primitives qui n'est plus admise aujourd'hui par la plupart des micrographes.

Nous venons de rapporter cinq des phénomènes que l'on observe durant la contraction d'un muscle ; savoir, son raccourcissement, sa tuméfaction, son durcissement, sa persistance de volume absolu, et, enfin, la présence de rides ou de plis à sa surface. Qu'il nous suffise de mentionner ici trois autres phénomènes : l'invariabilité de couleur du muscle, son état de tremblement ou d'oscillation et son élasticité, dernière propriété acquise, dit-on, au moment même de la contraction.

III. Toutes les fois qu'on fait communiquer les deux fils d'un galvanomètre, l'un avec la surface intérieure d'un muscle doué encore de vitalité, l'autre avec la périphérie du même muscle, on observe que l'aiguille est déviée de sa position primitive d'équilibre et que, après quelques oscillations, elle s'arrête en faisant un angle avec le méridien magnétique. Cette intéressante découverte appartient à Matteucci.

L'application du galvanomètre à l'étude des phénomènes électro-physiologiques avait déjà été faite par Nobili dans ses recherches sur ce qu'on a nommé longtemps le *courant propre* de la grenouille. La *patte*, dite *galvanoscopique* (2), d'une grenouille peut être aussi employée pour mettre en évidence les conditions électriques naissant du rapport des différentes parties du système musculaire.

Quoique les derniers termes de la solution du problème des courants électriques musculaires ne soient pas encore atteints, il est juste de rendre hommage aux tra-

(1) *L'Institut*, nos 57, 70, 73.

(2) Ce petit appareil, très commode et très sensible, qui permet d'étudier le courant musculaire dans plusieurs circonstances, n'est autre chose qu'une jambe de grenouille écorchée, désarticulée avec soin à son union avec la cuisse, de manière à y laisser adhérent le nerf sciatique bien intact.

vaux de Nobili, de Matteucci, de Du Bois-Reymond sur cet important sujet. Ici nous chercherons à préciser seulement les points les mieux arrêtés de cette partie de la science.

Laissant de côté les faits de détail pour s'arrêter aux principes, on peut dire avec Pouillet (1), que les découvertes de Matteucci sur cette question se résument dans les propositions suivantes :

1° Dans tous les animaux à sang froid et à sang chaud, ou vivants ou récemment privés de la vie, il y a un courant électrique musculaire dirigé dans le muscle lui-même, de son intérieur à sa surface.

2° La grenouille ou plutôt la patte rhéoscopique entre en contraction, lorsque son nerf est mis en contact avec le muscle d'une autre grenouille ou avec celui d'un lapin, et qu'on détermine dans ce muscle une contraction prononcée, soit à l'aide d'un courant extérieur, soit par des actions mécaniques.

Matteucci a désigné ce dernier phénomène sous le nom de *contraction induite*, attribuant l'action produite sur la grenouille rhéoscopique non pas à l'électricité, mais à l'intervention d'une force spéciale qui serait, suivant lui, l'agent nerveux.

Du Bois-Reymond a donné une plus grande précision à l'énoncé de la première proposition. Il a été conduit, en étudiant avec un soin et une patience dignes d'éloges les lois du courant électrique musculaire, à émettre une explication satisfaisante de la contraction induite. Voici les déductions de ses expériences :

Les muscles d'un animal quelconque, tant que dure leur vitalité, c'est-à-dire pendant tout le temps qu'ils sont encore aptes à se contracter sous l'influence d'une excitation électrique, chimique ou mécanique, donnent naissance à un courant électrique que le galvanomètre peut mettre en évidence et qui est dirigé, en dehors du muscle, de la surface de la *section longitudinale* à celle de la *section transversale*.

« Toutes les fois, dit Du Bois-Reymond (2), qu'un arc conducteur est établi entre un point quelconque de la coupe longitudinale, soit naturelle, soit artificielle, du muscle et un point également arbitraire de la coupe transversale, soit naturelle, soit artificielle, du même muscle, il existe dans cet arc un courant dirigé de la coupe longitudinale à la coupe transversale du muscle. »

Il s'agit de définir ce qu'on doit entendre par *coupe longitudinale* et *coupe transversale*. Du Bois-Reymond (3) nomme section longitudinale du muscle une surface du muscle telle, qu'elle ne présente que les côtés des prismes qui figurent les faisceaux primitifs. La coupe est dite longitudinale naturelle, lorsqu'il s'agit de la surface charnue des muscles intacts; elle est dite, au contraire, section longitudinale artificielle, quand c'est une surface identique dénudée par divers modes de préparation.

La coupe transversale du muscle est une surface du muscle disposée de manière à n'offrir que les bases des prismes qui figurent les faisceaux primitifs, indépendamment de l'angle fait par le plan de la coupe et la direction des fibres. La section transversale artificielle est obtenue par l'action d'un instrument tranchant. La coupe transversale naturelle existe partout où, dans le système musculaire, on voit

(1) *Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, t. XXXI, p. 28.
(2) Dans *Annales* de Poggendorf, janvier 1843.
(3) *Annales de chimie et de physique*, t. XXX, p. 119.

les extrémités des faisceaux primitifs s'insérer directement sur des fibres aponévrotiques ou tendineuses. Le muscle gastrocnémien de la grenouille offre un des exemples les plus nets de la coupe transversale naturelle dans l'insertion des fibres musculaires sur l'aponévrose tendineuse du triceps.

Il faut maintenant faire connaître comment varie l'intensité du courant dont nous venons de donner la loi. Par *intensité du courant*, on doit entendre la grandeur d'action qui se mesure par l'effet électro-dynamique à distance égale, ou par l'effet électro-chimique produit dans l'unité de temps.

Or, pour bien définir les lois de l'intensité du courant, il est nécessaire, à l'exemple de Du Bois-Reymond (1), de supposer au muscle la forme cylindrique droite à base circulaire. L'équateur du cylindre sera le cercle d'intersection de la surface latérale du cylindre et d'un plan normal à l'axe et passant à égale distance des deux bases. Pour que l'aiguille d'un galvanomètre reste en repos, lorsque les deux extrémités de son fil sont en contact avec le muscle, il faut que les deux extrémités soient dans la surface latérale du cylindre, et de plus qu'elles soient également éloignées des centres de ces bases. Toutes les fois que ces conditions très restreintes ne seront pas satisfaites, il se manifestera une déviation de l'aiguille telle qu'elle indiquera un courant dirigé dans l'arc dérivateur, de l'extrémité la plus rapprochée de l'équateur à l'extrémité plus rapprochée de l'une des bases du cylindre. La déviation sera d'autant plus grande que le point du milieu entre les extrémités de l'arc dérivateur sera plus près de la limite entre la surface latérale du cylindre et l'une de ses bases.

On comprend facilement que si la différence du point *milieu* à cette limite devient plus petite que la demi-distance des deux extrémités de l'arc l'une de l'autre, ou que si, en d'autres termes, l'une de ces deux extrémités est appliquée à la surface latérale et l'autre à la base du cylindre, le courant conservera la même direction, mais subira une augmentation considérable d'intensité. C'est d'ailleurs un cas particulier qui rentre dans le premier énoncé de la loi indiquée plus haut.

Il résulte des observations multipliées de Du Bois-Reymond, que l'intensité du courant développé par un muscle quelconque est d'autant plus grande que la puissance contractile de ce muscle est elle-même plus considérable. Cette proposition s'applique aussi bien aux muscles soumis à l'influence de la volonté qu'aux muscles de la vie organique. Ainsi les fibres musculaires du cœur produisent une forte déviation de l'aiguille, tandis que les faisceaux isolés des muscles annulaires des intestins ne développent qu'un courant très faible. Cet exemple est parfaitement démonstratif, car chacun connaît la puissance motrice énergique du cœur, et l'on conçoit la faiblesse des muscles de l'intestin en réfléchissant aux effets mécaniques peu considérables qu'ils ont à produire.

Une des découvertes les plus intéressantes de Du Bois-Reymond consiste dans l'explication des phénomènes électriques qui accompagnent la contraction musculaire.

L'expérience fondamentale destinée à mettre en évidence l'influence de la contraction musculaire sur les courants organiques est la suivante (2) :

(1) *Loc. cit.*
(2) *Annales de chimie et de physique*, t. XXX, p. 178.

Le muscle gastrocnémien d'une grenouille étant mis en rapport, par sa tranche longitudinale et sa section transversale, avec les deux extrémités du fil galvanométrique, de façon à obtenir une déviation, on détermine, en agissant sur le nerf qui s'y rend, des contractions répétées. Aussitôt que le muscle est tétanisé, l'aiguille recule, dépasse le zéro du cadran et oscille de l'autre côté pendant la durée du tétanos.

La grandeur de l'action négative, qui naît sous l'influence du tétanos, est proportionnelle à l'intensité primitive du courant musculaire.

Une étude approfondie de ces faits prouve que, par la contraction musculaire, la loi du courant est modifiée, et que, par l'effet de cet acte, toutes les ordonnées de la courbe des intensités du courant subissent une réduction de leur grandeur proportionnelle à leur grandeur relative (1).

En tenant compte de la durée excessivement courte des contractions musculaires normales, et du moment d'inertie de l'aiguille du galvanomètre, on arrive à voir qu'une contraction unique ne produirait dans cette expérience aucun résultat électrique appréciable. La tétanisation du muscle devenait dès lors nécessaire pour mettre hors de toute contestation les faits précédents. Cet état particulier de l'appareil locomoteur a été obtenu par des moyens très divers ; action des courants d'induction, absorption des sels de strychnine, irritation mécanique répétée : les résultats ont toujours été confirmatifs de la loi donnée par Du Bois-Reymond.

Cette dernière proposition et la loi du courant musculaire conduisent directement à une explication de la *contraction induite* de Matteucci. Si, en effet, on pose au hasard le nerf de la patte rhéoscopique sur la cuisse dénudée d'une grenouille récemment tuée, il est infiniment probable que ce nerf ira toucher deux points de la surface du membre tels qu'il se trouvera parcouru par une portion du courant qui circule incessamment de la coupe transversale à la section longitudinale de tous les muscles.

Cela étant admis, on comprend que toutes les fois que, par une contraction des muscles de la cuisse, le courant traversant le nerf de la patte rhéoscopique subira une variation d'intensité, ce phénomène se traduira par une contraction simultanée des muscles de la grenouille rhéoscopique.

Telle est l'explication qui nous paraît suffisamment exacte des phénomènes de la contraction induite.

Il reste à faire mention d'une expérience très digne d'intérêt et qui, suivant Du Bois-Reymond, a été l'origine de la découverte du courant musculaire chez l'homme vivant.

Sur une grenouille entière et vivante, on coupe, à la hauteur du bassin, l'un des nerfs sciatiques; puis on la dispose de telle sorte, que par chacune de ses extrémités inférieures, elle entre dans le circuit d'un galvanomètre et le ferme : il n'y a aucune déviation produite. Si l'on détermine le tétanos dans le membre inférieur dont le nerf sciatique est intact en faisant absorber un sel soluble de strychnine à l'animal, on observe, aussitôt que les contractions se manifestent, une déviation de l'aiguille du galvanomètre. Or, la position prise par cette aiguille indique un courant qui est, en dehors, dirigé du membre dont les muscles sont contractés à celui

(1) *Loc. cit.*

qui est à l'état de repos; le membre contracté est donc traversé par un courant *direct*.

L'expérience faite sur l'homme est à peu près identique; seulement les mutilations et le tétanos sont remplacés par l'action de la volonté confinée dans les muscles d'un seul bras. Pour réussir à manifester, chez l'homme, les phénomènes électriques qui accompagnent la contraction musculaire, on doit, à l'exemple de Du Bois-Reymond, faire usage d'un galvanomètre doué d'une exquise sensibilité. Deux lames de platine larges et de même dimension terminent les deux extrémités du fil, et plongent dans deux vases de terre contenant une solution sur-saturée de sel marin. Lorsque l'on plonge les doigts indicateurs de chaque main dans chacune des dissolutions de manière à faire entrer les deux bras dans le circuit du galvanomètre, au moment de l'immersion on observe seulement des effets accidentels, qui ont probablement pour origine le défaut d'homogénéité de la surface cutanée de chacun des doigts. L'aiguille du galvanomètre ne tarde pas, après quelques instants, à reprendre la position d'équilibre première. Mais si l'on vient alors à contracter, avec beaucoup d'énergie, les muscles de l'un des bras, en laissant ceux de l'autre dans un relâchement absolu, l'aiguille du galvanomètre est déviée, et le sens de la déviation indique un courant *inverse*, en d'autres termes, un courant dont la direction va de la main à l'épaule dans le membre où l'on détermine une contraction.

Suivant Du Bois-Reymond, si avant la contraction l'aiguille du galvanomètre n'est pas influencée, cela tient à ce que, dans chacun des membres, il existe un courant de même intensité et de direction inverse.

Lors de la contraction des muscles de l'un des bras, ce n'est pas un courant nouveau qui s'établit, mais il y a affaiblissement du courant préexistant, et par conséquent prédominance du courant non modifiée du bras en repos.

Cette expérience intéressante est assimilée par Du Bois-Reymond à celle qu'on exécute sur la grenouille dont on a coupé l'un des nerfs sciatiques. Il faut remarquer, avec Pouillet (1) que cette assimilation n'est pas suffisamment justifiée, puisque, dans le membre de l'homme et dans celui de la grenouille, les courants sont de directions contraires.

Quel que soit l'intérêt des faits divers qui viennent d'être exposés, il reste sur les causes de leur développement et sur leur nature intime des doutes qui ne permettent pas d'adopter, sans restriction, l'opinion des savants qui se sont occupés de cette difficile étude. Nous citerons, pour terminer ce sujet, les conclusions du rapport de l'Institut (2) :

« 1° Il est probable que ces courants ne résultent pas d'une action chimique » extérieure ;

» 2° Il n'est pas démontré qu'ils résultent d'une action chimique intérieure ; c'est » là une question à résoudre, et, suivant qu'elle recevra une solution positive ou » négative, les conséquences ultérieures prendront des caractères très différents. »

IV. Nous n'avons que quelques mots à dire sur le système musculaire considéré au point de vue du développement de la chaleur. Ce sujet a déjà trouvé sa place lorsque nous avons traité de la température propre des animaux et des causes de la chaleur animale.

(1) *Rapport et rec. cit.*
(2) POUILLET, *loc. cit.*

Becquerel et Breschet (1), par leurs recherches sur la température de divers organes chez l'homme et les animaux, recherches dans lesquelles ils ont mis en usage les appareils thermo-électriques les plus délicats, ont établi ce qui suit :

1° La température des muscles en repos surpasse celle du tissu cellulaire qui enveloppe ces organes; cette différence, qui varie de 2°,25, à 1°,25, doit être attribuée à un refroidissement continuel de l'homme ou de l'animal par le milieu dans lequel il se trouve plongé.

2° La température des muscles à l'état de repos n'est pas la même que celle de ces mêmes organes en contraction : des expériences nombreuses prouvent que, pendant la contraction, il y a élévation de température et que cette élévation peut aller jusqu'à un demi-degré centigrade.

Nous nous bornons à l'indication de ces deux propositions : nous ne pouvons signaler ici les causes présumées des phénomènes nouveaux qu'elles contiennent, car elles nous paraissent se déduire immédiatement des explications que nous avons fournies antérieurement sur les causes du développement de la chaleur dans les êtres organisés.

Conditions de l'irritabilité musculaire (2).

Nous avons déjà défini l'*irritabilité musculaire*, la propriété qu'a la fibre charnue de se raccourcir, en oscillant et en se fronçant, à l'occasion de certaines excitations, soit *immédiates*, soit extérieures à la fibre elle-même.

Une des questions les plus graves et les plus obscures de la physiologie, question qui a donné lieu à des expériences et à des controverses sans nombre, est la suivante : l'irritabilité musculaire est-elle une force inhérente à la matière fibrineuse des muscles, ou bien sa source unique est-elle dans le système nerveux ?

Pour tâcher, à notre tour, de résoudre un problème aussi longuement débattu, nous avons cru devoir nous proposer d'abord la solution de questions multiples dont voici l'énoncé :

1° Quelle est, dans les *nerfs moteurs* séparés de l'axe cérébro-spinal, la durée de leur *excitabilité*, c'est-à-dire de leur aptitude à faire contracter la fibre charnue quand on les irrite directement ? 2° Avec l'excitabilité de cette classe de nerfs, voit-on disparaître l'irritabilité musculaire ? 3° Les *nerfs sensitifs* influencent-ils cette dernière propriété ? 4° Les fibres nerveuses, dites *grises ou organiques*, concourent-elles à l'entretien de l'irritabilité musculaire ? 5° Enfin, dans quelles limites celle-ci dépend-elle de l'influence du sang ?

1° L'intéressant problème qui consiste à déterminer l'époque précise à laquelle un nerf moteur, ne communiquant plus avec l'axe cérébro-spinal, perd son *excitabilité* ou son pouvoir d'exciter des contractions quand on l'irrite directement, n'a

(1) *Annales de chimie et de physique*, 2e série, t. XXXIX, p. 132.

(2) Les résultats suivants ont été publiés par nous, en 1841, dans un mémoire intitulé : *Recherches expérimentales sur les conditions nécessaires à l'entretien et à la manifestation de l'irritabilité musculaire*.

été résolu, jusqu'à présent, par les expérimentateurs, que d'une manière incomplète ou erronée.

Legallois (1), ayant détruit la moelle lombaire d'un lapin qu'il choisit âgé de moins de dix jours, afin que, suivant son expression, cet animal *pût continuer de vivre*, nous dit : « Quoique, dans cette expérience, le train de derrière soit frappé de mort et que ses nerfs ne puissent plus recevoir aucune influence de la moelle épinière, l'irritabilité musculaire s'y conserve, et l'on peut, *pendant fort longtemps*, faire contracter les cuisses en irritant les nerfs sciatiques. Il paraît donc qu'il se fait, dans toute l'étendue des nerfs, une sécrétion d'un principe particulier. » Dans ce passage, Legallois s'exprime d'une manière tellement vague qu'on ne peut savoir si, par ces mots *pendant fort longtemps*, il entend parler d'heures, de jours ou de semaines.

J. Müller et Sticker (2) resèquent d'abord, sur deux lapins et un chien, le grand nerf sciatique; puis ils essaient de reconnaître l'état réactionnaire de son extrémité inférieure, seulement, au bout de *onze semaines* sur le premier lapin, après *cinq semaines* sur le second, et chez le chien après *deux mois et demi*. Dans ces trois cas, qu'on la galvanisât ou qu'on l'irritât mécaniquement, cette extrémité ne provoquait plus la moindre contraction musculaire.

Mais ces expériences ne résolvent nullement la question, à cause du laps de temps trop considérable qui s'est écoulé entre le moment de la résection et celui de l'expérience principale. De plus, ces physiologistes ayant fait usage d'une simple paire de plaques au lieu d'une pile suffisamment forte, on pourrait objecter qu'ainsi ils n'ont pas reconnu d'une manière décisive l'état de l'excitabilité dans le bout libre du sciatique. D'ailleurs, après l'exemple du second lapin, mis en expérience seulement au bout de cinq semaines, on trouve (*ouv. cit.*, t. I, p. 690) cette assertion contradictoire : « Ce n'est qu'après avoir été soustrait *pendant plusieurs mois* à l'influence des parties centrales, qu'un nerf perd totalement son irritabilité, comme le démontrent les expériences faites par moi et Sticker. »

Steinrüch (3) a procédé comme les auteurs précédents ; seulement, c'est au bout de quatre semaines qu'il a de nouveau découvert le sciatique, dont l'extrémité périphérique ne lui a plus paru excitable.

Dans mes recherches (4), j'ai adopté une tout autre marche que celle qu'avaient suivie ces expérimentateurs. Ainsi, je ne me borne point à opérer la résection d'un nerf et à attendre pendant plusieurs semaines ou même plusieurs mois pour expérimenter sur l'excitabilité de son bout libre : au contraire, dès le lendemain celui-ci est *essayé* par le galvanisme et par les irritants mécaniques ; les mêmes tentatives sont répétées le surlendemain, etc., et constamment son excitabilité est entièrement éteinte *après le quatrième jour*.

Il importe d'ajouter que le résultat est le même, lorsque, après sa résection, le nerf n'est pas soumis aux stimulations précédentes.

Après le quatrième jour, pour mieux juger encore l'état des muscles lors de l'excitation de leurs nerfs, je découvre les uns et les autres dans une partie bien saine du membre (5), et jamais alors le galvanisme, appliqué *même aux ramus-*

(1) *OEuvres compl.*, édit. 1830, p. 24.

(2) *Manuel de physiologie*, par J. Muller, trad. de Jourdan, t. I, p. 552.

(3) *De regeneratione nervorum*. Berlin, 1838.

(4) *Mém. cit.*

(5) A-t-on reséqué le nerf sciatique à la cuisse, il faut agir, non sur les muscles de celle-ci, mais

cules nerveux, ne suscite les plus légères contractions de la fibre musculaire.

Toutefois, dans ces expériences, délicates à reproduire, il est bien important de ne point faire usage d'une pile trop forte ; autrement, le fluide galvanique lui-même pourrait être transmis par la division du nerf jusqu'aux muscles, qui ne manqueraient point de manifester une réaction (1) : il s'agit ici, au contraire, seulement de faire passer un courant dans le rameau nerveux lui-même, pour prouver que toute force motrice y a disparu.

Afin de rendre les résultats plus frappants, les mêmes épreuves sont comparativement effectuées, par l'emploi des mêmes moyens, sur les nerfs correspondants du côté sain : au lieu des résultats négatifs constatés dans le premier cas, on obtient toujours les contractions les plus manifestes.

J'ai voulu savoir si les produits seraient différents en agissant sur des nerfs seulement musculaires, comme l'hypoglosse et le facial, ou sur des nerfs destinés à la fois aux muscles et aux téguments, comme le sciatique : les résultats ont été identiques sur quatorze chiens et deux lapins.

Mes expériences ont encore été variées de la manière suivante : tantôt, sur un chien, la résection du sciatique étant pratiquée, je soumettais aussitôt son extrémité libre, pendant trente minutes ou parfois une heure, à un courant électrique alternativement direct et inverse, d'où des secousses convulsives de tout le membre ; tantôt, sur un autre chien, cette extrémité n'était soumise à aucune espèce d'irritation électrique ou autre. Chose remarquable ! *la durée de l'excitabilité a toujours été la même dans les deux cas :* seulement, chez le premier chien les contractions du membre étaient, à chaque épreuve, beaucoup moindres que chez le second. Du reste, encore dans ces deux cas, celles-ci décroissaient progressivement depuis le moment de la résection jusqu'à celui où elles disparaissaient d'une manière complète. Mais, dans l'expérience préalable avec le galvanisme, une portion de la force motrice semble donc avoir été éliminée, tandis que l'autre, persistant toujours pendant un temps déterminé, a d'abord été refoulée dans les dernières ramifications nerveuses, d'où n'a pu l'expulser l'agent électrique. Cette force motrice, en quelque sorte à l'état latent, peut encore néanmoins se manifester par des contractions, quand, avant le quatrième jour, on galvanise les ramuscules nerveux : après ce laps de temps, elle a spontanément disparu d'une manière complète.

Ces expériences démontrent donc que ce n'est point, comme on l'a avancé, après avoir été soustrait à l'influence des parties centrales pendant *plusieurs mois*, mais seulement pendant *quatre jours révolus*, qu'un nerf moteur perd tout à fait son excitabilité, c'est-à-dire son pouvoir d'exciter des contractions musculaires quand on l'irrite directement (2).

2° *L'irritabilité musculaire disparaît-elle ou non avec l'excitabilité des nerfs de mouvement ?*—Cette question et celle que nous venons de traiter sont tellement connexes, que, dans leur étude, il est difficile de les séparer : d'ailleurs, chacun

sur ceux de la jambe ; cette précaution est indispensable, car, puisque les muscles de la première sont animés par les rameaux sortis de ce nerf au niveau de l'échancrure ischiatique, et par conséquent au-dessus du point où la résection a été pratiquée, il est clair qu'en agissant sur ces rameaux on obtiendrait des contractions.

(1) A ce sujet, on peut se rappeler que, même avec les racines spinales postérieures divisées, il est facile d'exciter des contractions locales, en faisant usage d'un courant d'une certaine intensité.

(2) GUENTHER et SCHOEN (cités par Müller, *Physiol.*, t. I, p. 552) assignent le terme *de huit jours*, c'est-à-dire, comme le démontrent nos expériences, un terme seulement approximatif.

concevra que sa solution serait demeurée impossible sans la distinction physiologique, définitivement établie dans notre siècle, entre les divers cordons nerveux. Il me fallut donc faire choix d'un nerf exclusivement moteur dont l'isolement fût facile, et la septième paire dut se présenter naturellement à mon esprit.

Sur deux chiens d'une assez forte taille, je mis à nu les trois branches du facial et les reséquai dans une longueur assez considérable pour ne pas craindre le rétablissement des fonctions de ce nerf : comme mes recherches antérieures sur plusieurs animaux de la même espèce m'avaient appris que l'excitation immédiate (1) de ses bouts libres ne donnait plus lieu à la moindre contraction des muscles de la face après le quatrième jour, tandis qu'immédiatement stimulés, ces muscles se contractaient encore, je résolus de laisser un laps de temps considérable entre cette dernière époque et le moment où, de nouveau, j'agirais avec des stimulants directement appliqués à la fibre musculaire.

Cette marche est bien préférable à celle que Haller et ses partisans avaient adoptée, dans le but de démontrer que l'irritabilité musculaire n'est point dépendante de la force nerveuse. En effet, ils arrachaient le cœur de la poitrine d'un animal vivant, ou bien ils coupaient un tronçon de chair, et les voyant palpiter pendant une ou plusieurs heures (selon l'espèce et l'âge de l'animal), ils en inféraient qu'à la fibre musculaire était inhérente une tendance à la contraction, indépendante de l'action des nerfs. Mais à ces expériences on peut faire une objection qui frappe leurs résultats de nullité : cette tendance à la contraction ne persiste qu'en vertu d'un reste de force nerveuse latente dans le nerf et la fibre musculaire elle-même.

Une pareille objection n'est plus applicable aux résultats suivants : Un nerf moteur (facial) (2) étant reséqué, les dernières ramifications de ses bouts libres sont galvanisées, *après le quatrième jour*, sans susciter, avons-nous dit, le moindre frémissement de la fibre musculaire ; et néanmoins, *au bout de douze semaines*, celle-ci se contracte encore fortement sous l'influence du moindre stimulus qui lui est immédiatement appliqué (3).

Il est important de faire savoir que le facial n'avait point recouvré ses fonctions ; en effet, ni le clignement d'un côté, ni les mouvements de l'aile du nez, de la joue et de la lèvre correspondantes, n'avaient reparu, chez nos chiens, depuis le moment de l'opération.

Ainsi, pendant près de trois mois, l'influx nerveux moteur n'avait point été transmis aux muscles faciaux, qui néanmoins, avec leur irritabilité, avaient conservé leur coloration normale. Ce dernier fait ne permettrait-il pas de supposer que bien longtemps encore ces muscles seraient demeurés irritables ? C'est à peine si nous avons pu, après la mort, y découvrir de légères traces d'atrophie.

Puisque, si longtemps après l'extinction de toute force nerveuse motrice, la fibre charnue révèle encore son irritabilité, sous une influence même purement mécanique, *la décharge d'un agent impondérable partant des nerfs de mouvement n'est donc point nécessaire à la manifestation de cette propriété*, et le *stimulus* spécial, transmis par les nerfs de cette classe aux organes musculaires, n'est donc qu'une des nombreuses causes excitatrices de leur irritabilité.

(1) Galvanique, mécanique ou chimique.

(2) J'ai fait des essais analogues sur l'hypoglosse et les récurrents, avec des produits identiques.

(3) Le simple attouchement du muscle, à l'aide de la pointe d'un scalpel, suffit pour obtenir ces phénomènes de contraction.

Le fait que nos expériences viennent d'établir (1) est confirmé par de nombreuses observations de paralysie bornée, chez l'homme, aux fonctions locomotrices : en effet, n'est-il pas commun, dans les hémiplégies faciales par exemple, de voir les mouvements volontaires reparaître au bout d'un laps de temps considérable? D'après ce qui précède, nous sommes autorisé à affirmer que, dans tous ces cas, la nutrition et l'irritabilité étaient restées à l'état presque normal dans les muscles qui n'étaient, pour ainsi parler, que dans l'attente de l'abord nouveau de la force motrice, pour recouvrer leur activité première et obéir derechef aux ordres de la volonté (2).

Mais, de ce que nous avons reconnu que l'irritabilité musculaire peut se manifester sans le concours des nerfs moteurs, s'ensuit-il qu'il faille conclure, d'une manière absolue, qu'elle est indépendante de l'action nerveuse en général? Il sera répondu plus loin à cette intéressante question.

3° *Les nerfs sensitifs influencent-ils l'irritabilité musculaire?* — Je dirai d'abord quels effets ont suivi la résection des nerfs *mixtes*, quels résultats j'ai obtenus après celle des nerfs exclusivement sensitifs.

Sur un chien, resèque-t-on le nerf sciatique, on constate (sans mentionner la perte consécutive de la sensibilité et des mouvements volontaires) qu'au bout de quinze jours la fibre charnue se contracte encore vivement sous l'action d'un stimulus immédiat; qu'après un mois, son aptitude à la contraction est encore assez prononcée, quoique bien moindre; et qu'enfin, vers la septième semaine, elle est à peine appréciable : mais, à dater de cette époque, les muscles de la jambe déjà décolorés semblent éprouver une sorte de dégénérescence, et bientôt ils cessent peu à peu de se contracter, même avec les stimulants immédiats les plus forts.

Sur d'autres chiens, ayant d'abord excisé une longueur assez considérable du nerf sous-orbitaire pour empêcher tout contact ultérieur des deux bouts, j'ai reséqué le buccal au-devant du masséter, et l'anastomose, au-devant de l'oreille, du nerf auriculo-temporal avec la branche moyenne de la septième paire. En agissant de la sorte, je me suis proposé de supprimer l'action de tous les filets du trifacial qui, d'un côté, pénètrent les muscles de la lèvre supérieure et de la narine correspondantes. Six semaines après l'opération, ceux-ci furent trouvés décolorés, et pourtant irritables, *mais à un degré beaucoup moins marqué que ceux du côté sain* (3). Du reste, les poils de la lèvre supérieure (côté malade) tombèrent, et celle-ci conserva un léger empâtement dû évidemment à un trouble de nutrition, quoique l'artère sous-orbitaire eût été ménagée.

Si maintenant nous considérons que, *six semaines* après la suppression des nerfs de sentiment, l'irritabilité musculaire est notablement diminuée, tandis que, *trois mois* après la suppression des nerfs du mouvement, elle demeure intacte, il nous semblera rationnel de conclure que cette propriété, indépendante des uns, *paraît* subordonnée aux autres dans certaines limites que nous allons tracer.

(1) Voyez, pour plus de détails, notre Mémoire cité plus haut.

(2) Toutefois, comme le mouvement, en activant la circulation, influe sur la sécrétion du principe fibrineux des muscles, puisque ceux-là acquièrent le plus de force et de volume, qui sont le plus exercés ; on conçoit que, condamnés à une entière inaction pendant un temps très long, ils puissent finir par s'atrophier et se réduire à des lames très minces qui, plus tard encore, *en dégénérant*, perdraient leur contractilité.

(3) Nous eûmes souvent l'occasion de nous assurer que la sensibilité n'était point revenue dans les parties.

On sait que les artérioles, en général, sont enlacées par des ramuscules nerveux d'autant plus considérables proportionnellement qu'elles sont plus petites, et cette disposition a sans doute une grande importance physiologique. En effet, à l'extrémité capillaire des vaisseaux, l'influence nerveuse est incontestablement nécessaire : là, tendent à se confondre et le sang et les tissus auxquels ce sang se distribue; au point de contact, il y a fusion de nature, il n'est plus de limite entre le fluide organisateur et ses produits; là, une nutrition, des sécrétions s'opèrent, et des phénomènes aussi importants ne sauraient se produire complétement sans l'influence nerveuse. On comprend donc qu'en supprimant cette influence, pour ne parler ici que de l'appareil musculaire, on occasionne une lésion de nutrition dont les effets se prononcent peu à peu et s'annoncent d'abord par la décoloration de la fibre charnue; puis, qu'avec le temps, celle-ci, perdant peu à peu ses caractères organiques, finisse par perdre aussi sa propriété essentielle, l'*irritabilité*. Si, pour la conserver, il faut encore, comme l'expérience le démontre, que le muscle participe à la circulation, cela revient à dire qu'il demeure irritable à la condition d'être vivant, ce qui ne doit ni surprendre, ni empêcher de voir dans l'irritabilité une force inhérente à la fibre musculaire pénétrée de la vie.

4° Si une réaction nerveuse sur le système capillaire sanguin est indispensable pour vivifier le tissu musculaire comme tous les autres, cette réaction est-elle réellement confiée, comme nous venons de le supposer, aux ramifications terminales des nerfs de sentiment, ou bien à une classe spéciale de fibres nerveuses décrites, dans ces derniers temps, sous le nom de *fibres grises* ou *organiques?*

Ces fibres spéciales qui, d'après divers auteurs, présideraient aux actes de nutrition et de sécrétion, s'allient surtout aux nerfs de sensibilité, comme la cinquième paire, les racines spinales postérieures, etc.; d'où l'impossibilité dans laquelle on se trouve de diviser les unes sans les autres. Mais il arrive parfois que les maladies semblent isoler, surtout dans le nerf trijumeau, les fonctions des fibres sensitives de celles qu'on attribue aux fibres organiques, puisque, dans les observations assez nombreuses de lésion de ce nerf, on constate qu'il y a eu tantôt perte de la sensibilité générale seulement, et tantôt à la fois perte du sentiment et trouble notable dans la nutrition de toutes les parties de la face, y compris les muscles.

Il serait donc possible que les *nerfs sensitifs n'eussent aucune influence directe sur l'entretien de l'irritabilité musculaire* qui, comme propriété inhérente aux muscles vivants, dépendrait de l'abord du sang artériel et de la réaction vivifiante des *nerfs* dits *organiques* (1).

(1) L'existence du *courant électrique musculaire* une fois démontrée, on a avancé que, dans ce courant, la fonction des nerfs se réduit à celle d'un conducteur imparfait qui représente l'état électrique de la partie du muscle, intérieur ou surface, de laquelle il est le plus rapproché. Mais cette assertion ne pouvait être admise sans restriction par le physiologiste ; car, assurément, il lui était bien permis de supposer que le système nerveux, tout en ne concourant pas directement à la production de l'électricité dans les muscles, devait néanmoins, en tant que nécessaire à l'accomplissement de tout acte de nutrition, recouvrer son importance : c'est ce dont j'ai pu m'assurer par des expériences directes établissant une étroite connexité entre les conditions qui permettent ou suspendent l'irritabilité des muscles et le développement d'électricité dans leur tissu. Ainsi, j'ai reconnu que, malgré la suppression absolue du concours des nerfs moteurs, suppression prolongée au delà de douze semaines, les signes du courant musculaire persistent et avec eux l'irritabilité. Mais est-ce à dire qu'une réaction nerveuse d'un autre ordre ne soit point nécessaire pour entretenir ces manifestations? Déjà, ai-je dit, six semaines après la section de nerfs *mixtes*, c'est-à-dire composés de fibres motrices, sensitives et organiques, j'ai vu le tissu musculaire se décolorer, puis perdre peu à

5° *L'irritabilité persiste-t-elle dans les muscles paralysés des mouvements volontaires?* Tous les pathologistes qui ont discuté la question de savoir si les muscles paralysés des membres et autres parties conservent ou non leur irritabilité, ont évidemment négligé la distinction nécessitée désormais par nos expériences ; c'est-à-dire que, confondant tous les cas de paralysie, ils n'ont point, pour résoudre le problème, séparé les faits dans lesquels le mouvement volontaire seul était supprimé, de ceux dans lesquels mouvement, sensibilité et nutrition musculaire étaient à la fois intéressés. La plupart des auteurs ne prennent même pas le soin d'indiquer toujours combien de temps après l'attaque de paralysie ils ont eu l'occasion d'examiner l'état de la fibre musculaire. Prochaska, Nysten, Legallois, Brodie, Wilson, etc., avancent que l'irritabilité continue d'exister dans les muscles, qui ne se contractent plus volontairement, tandis que J. Müller et Sticker affirment le contraire.

Nysten (1), rapportant plusieurs expériences qu'il fit sur des cadavres humains, s'exprime ainsi : « Chez deux malades qui avaient succombé *au bout de quelques jours*, l'un à la première et l'autre à la seconde attaque d'apoplexie, le galvanisme a déterminé des contractions aussi fortes dans les muscles du côté sain que dans ceux du côté paralysé. »

Que le mouvement seul ait été affecté, ou même que le mouvement, la sensibilité et la nutrition des muscles aient été compromis chez ces malades, leurs observations ne sauraient nous surprendre, puisque, dans la première hypothèse, nos expériences montrent des muscles qui, privés pendant trois mois de tout influx nerveux moteur, demeurent irritables, et que, dans la seconde, il faut plusieurs semaines pour qu'ils perdent, avec leurs caractères organiques, leur propriété essentielle, l'irritabilité : or, dans ces cas, il n'est question que de jours, et, par conséquent, celle-ci a dû persister.

Legallois (2) dit, en faisant allusion aux recherches de Nysten : « Elles ont montré que, dans les paralysies les plus complètes, l'irritabilité se conserve dans les membres paralysés tout aussi bien que dans ceux qui ne le sont pas. J'ai obtenu un résultat semblable d'une expérience que j'ai souvent répétée. Elle consiste à détruire la moelle lombaire dans un lapin âgé de moins de dix jours ; il faut le choisir de cet âge pour que la circulation ne soit pas arrêtée et qu'il puisse continuer de vivre. Quoique, dans cette expérience, le train de derrière soit frappé de mort et que ses nerfs ne puissent plus recevoir aucune influence de la moelle épinière, l'*irritabilité s'y conserve.* »

Bien que Legallois n'ait point indiqué la durée de la vie chez les animaux qui avaient subi cette grave mutilation de la moelle, nos propres expériences nous ont appris qu'ils n'avaient pas dû survivre au delà de quelques heures. Nous appliquerons donc à ces résultats les mêmes réflexions que nous avaient suggérées les observations de Nysten, en faisant remarquer que ces réflexions sont encore applicables aux expériences suivantes de Prochaska (3) :

peu ses caractères organiques, et plus tard sa propriété essentielle, l'irritabilité ; alors aussi, toute trace de courant avait disparu.

L'irritabilité et le courant musculaires sont donc subordonnés, dans certaines limites, à une même condition, la nutrition normale des muscles, qui ne saurait elle-même se dérober à l'influence d'une portion spéciale et imparfaitement déterminée du système nerveux.

(1) *Rech. physiol.*, 1811, p. 369.

(2) *OEuvres compl.*, édit. 1830, p. 24.

(3) *Opera minora*, etc., p. 84. Vienne, 1800.

« Vis nervosa, dit-il, quæ in nervis a commercio cum cerebro separatis superest non unà alteràve musculi contractione, quam irritati cient, exhauritur, sed » millenis planè convulsionibus excitatis par est; quod expertus sum in ranà, cui » medullam spinalem in dorso *abscidi*. Supervixit huic vulneri *aliquot diebus;* » interim irritando medullæ spinalis partem eam quæ erat infrà sectionem, convul- » siones in artubus inferioribus excitavi, toto tempore quo supervixit, planè innu- » meras, neque extremitates inferiores priùs mortuæ sunt, quàm tota rana. Dein quod » vis nervosa in nervis diù persistere possit citrà cerebri auxilium, probare videntur » musculi paralytici, in quorum nervis, ob compressionem aliquam præternatura- » lem, totum commercium cum cerebro sublatum est; nihilominùs tamen a stimulo » electricæ scintillæ *longo jam tempore* paralytici musculi convelluntur. » Ainsi Prochaska se borne à *diviser* la moelle au lieu de la *détruire*, comme le fit plus tard Legallois, et cette seule remarque autorise à révoquer en doute la valeur des assertions émises dans ce passage : en effet, quelles preuves avons-nous qu'après la section simple de la moelle épinière, une partie de la force nerveuse ne s'est point transmise encore d'un bout spinal à l'autre ?

J. Müller et Sticker (1) entreprirent, en 1834, quelques expériences desquelles ils tirèrent des conclusions tout à fait opposées à l'opinion de ces physiologistes. Ainsi, selon eux, l'irritabilité ne se conserve point dans les muscles des membres paralysés.

Ces apparentes contradictions sont faciles à expliquer en notant les circonstances différentes dans lesquelles se sont placés les expérimentateurs. En effet, pour reconnaître l'état de la fibre musculaire privée de ses relations avec le système nerveux, les uns expérimentent seulement après quelques heures ou plusieurs jours, tandis que les autres se livrent à leurs investigations au bout de plusieurs semaines ou même de plusieurs mois : en se rappelant les résultats que nous avons obtenus plus haut, il est évident que, sans peine, on se rend compte de cette divergence d'opinions ; rappelons encore que ces mêmes résultats exigent des pathologistes qu'*indépendamment de l'époque exacte de l'expérience*, ils notent la distinction des espèces de paralysie comme propre à expliquer tantôt la persistance et tantôt l'abolition de l'irritabilité dans les muscles paralysés.

Marshall Hall (2), frappé aussi des contradictions qui viennent d'être signalées, n'en a pas donné une explication aussi simple que la nôtre. Ce physiologiste ingénieux a fait quelques expériences et cité plusieurs observations pathologiques « dans le but, dit-il, de faire cesser une contradiction qui, pour l'honneur de la science, ne devrait pas exister. » Sur six grenouilles, *il coupe* la moelle épinière au-dessous de l'origine du plexus brachial et *resèque* une portion du nerf sciatique *droit ;* puis il constate, soit immédiatement, soit quelques semaines après, les phénomènes qui suivent :

« 1° Les extrémités antérieures seules éprouvèrent un mouvement spontané ; les deux extrémités inférieures restaient complétement immobiles lorsque l'animal, placé sur le dos, faisait d'inutiles efforts pour se retourner sur le ventre ;

» 2° Quoique entièrement paralysée du mouvement spontané, l'extrémité postérieure *gauche* (celle qui était encore en rapport avec la moelle épinière) s'agitait

(1) *Archives de J. Müller*, 1834, p. 202 ; et *Physiol. du syst. nerv.*, par le même. Trad. de Jourdan, 1840, t. 1, p. 69.

(2) *Memoirs on some principles of pathology of the nervous system*. London, 1839. Trad. dans les *Arch. génér. de méd.*, janvier 1840.

énergiquement lorsqu'on touchait les orteils de ce côté avec la pince à disséquer ;

» 3° L'extrémité postérieure *droite* (celle du côté de laquelle on avait reséqué le nerf sciatique) était entièrement paralysée et ne présentait de mouvement ni spontanément, ni sous l'influence d'un stimulus ;

» 4° Quelques semaines après l'expérience, *lorsque l'irritabilité musculaire de l'extrémité postérieure gauche se fut graduellement augmentée*, l'irritabilité musculaire de l'extrémité droite avait graduellement diminué. Ces phénomènes ont été observés l'animal étant dans l'eau, au travers de laquelle nous fîmes passer avec beaucoup de précaution un léger courant galvanique. »

Ayant eu l'occasion de m'entretenir avec Marshall Hall de ces expériences que déjà, à plusieurs reprises, j'avais répétées dans mes leçons, je dus lui faire l'aveu, dans le but de m'éclairer, qu'ayant facilement obtenu quelques uns de leurs résultats, je n'avais pas été assez heureux pour les reproduire tous. Ainsi, après la division de la moelle dorsale et la résection du nerf sciatique droit, par exemple, assurément il m'a été facile de constater, indépendamment de la suppression des mouvements volontaires dans les deux membres abdominaux, que le gauche s'agitait énergiquement, quand on pinçait ou brûlait ses téguments, tandis que le droit n'offrait rien de pareil ; mais ce n'est là qu'un effet incontestable *de l'action réflexe* de la moelle épinière. *Quant à l'augmentation graduelle de l'irritabilité musculaire dans l'extrémité postérieure gauche*, augmentation qui aurait lieu seulement au bout de *quelques semaines* (1), je n'ai pu m'en assurer, par la raison simple que mes grenouilles mutilées n'ont jamais survécu au delà de quelques jours, ainsi que nous avons vu aussi Prochaska le noter dans ses expériences.

Quoi qu'il en soit, Marshall Hall fait remarquer plus loin « que les muscles du membre droit, paralysé par suite de sa séparation d'avec le cerveau et la moelle épinière, finirent par perdre leur irritabilité, tandis que les muscles du membre gauche, dont les communications n'avaient été interrompues qu'avec le cerveau, pour laisser intacts ses rapports avec la moelle, non seulement ne perdirent pas leur irritabilité, mais encore la conservèrent *très probablement* avec un surcroît d'énergie. » Cet observateur rapporte ensuite plusieurs faits pathologiques qu'il considère comme ayant de l'analogie avec ces données expérimentales, et qui l'ont engagé à formuler ainsi sa principale conclusion : « La moelle épinière, à l'exclusion du cerveau, est la source spéciale dans laquelle les nerfs puisent l'excitabilité des contractions musculaires et les muscles leur irritabilité ; le cerveau, par cela seul qu'il est le siége des volitions, absorbe l'irritabilité musculaire. Aussi pouvons-nous porter un diagnostic certain entre la *paralysie cérébrale* et la *paralysie spinale :* la première se reconnaît à l'augmentation de l'irritabilité, tandis que la seconde est celle dans laquelle l'irritabilité est diminuée. »

Si les précédentes assertions ont rencontré des contradicteurs, cela dépendrait-il, selon la remarque de Marshall Hall, de ce que dans les cas observés par d'autres, la paralysie du mouvement aurait été trop incomplète ou trop ancienne ? Toujours est-il que ce physiologiste croit que ses expériences et ses observations sont propres à détruire toutes les prétendues contradictions qui existent entre les auteurs ; en d'autres termes, il pense que ceux qui ont signalé la persistance de l'irritabilité dans les muscles paralysés du mouvement volontaire, ont eu affaire à des cas dans

(1) Dans notre entretien, Marshall Hall détermina une époque plus précise, en assignant le terme de *six semaines*.

lesquels leurs communications étaient interrompues avec le cerveau seulement, tandis que ceux qui ont avancé que l'irritabilité cesse dans les muscles atteints de paralysie, ont eu sous les yeux des cas d'interruption de toute relation du muscle avec l'axe cérébro-spinal.

Au contraire, nos recherches démontrant que l'irritabilité, assez promptement diminuée par la suppression des nerfs sensitivo-organiques, persiste malgré celle des nerfs moteurs, nous rapportons ces dissidences d'opinions : 1° aux différences d'époques auxquelles on a directement expérimenté sur la fibre musculaire ; 2° au défaut de distinction entre les cas où le mouvement seul avait disparu, et ceux qui offraient une lésion simultanée du mouvement, de la sensibilité et de la nutrition musculaires.

Quant aux expériences relatées plus haut, dans lesquelles Marshall-Hall a vu des grenouilles survivre au moins six semaines, nous donnons de ces expériences une interprétation tout à fait différente de la sienne, et nullement propre à légitimer les conclusions qu'il a émises. Imitant Prochaska, cet expérimentateur *coupe* seulement la moelle épinière au lieu de la *détruire* partiellement à l'exemple de Legallois, et de plus, sur le même animal, il *resèque* une portion du nerf sciatique droit : selon l'observateur anglais, *six semaines au moins* sont nécessaires pour que *l'irritabilité musculaire du membre postérieur gauche* (celui qui est encore en rapport avec la moelle) *s'augmente graduellement*, et pour qu'elle diminue dans le membre droit. Qui ne voit que d'une part, à cause du procédé expérimental qui laisse les deux bouts médullaires en contact, et d'autre part, surtout à cause du laps de temps exigé pour l'apparition des phénomènes, on est autorisé à affirmer que la transmission d'une partie de la force nerveuse a dû continuer ou au moins se rétablir du segment antérieur de la moelle, à travers le postérieur ? Mais si cette transmission, trop imparfaite, est impropre au rétablissement des mouvements volontaires du membre gauche, on comprend que l'irritabilité musculaire puisse néanmoins s'y accroître par l'abord de l'influx nerveux qui, dans ce cas, *agit comme un stimulus de l'irritabilité dont l'intensité s'accroît pour deux raisons : 1° parce que cet influx nerveux n'est plus dépensé par les contractions volontaires ; 2° parce qu'il est transmis presque en totalité au membre gauche*, le droit étant privé de son nerf sciatique.

Pour que les expériences de Marshall-Hall eussent été concluantes dans le sens qu'il indique, il aurait fallu qu'il ne se bornât point à *diviser*, mais qu'il *reséquât* la moelle. Or, j'ai pratiqué cette résection, dans la région dorsale, sur un grand nombre de grenouilles, et comme presque toutes sont mortes peu de jours après l'opération, on conçoit que je n'aie pas pu constater des phénomènes observables, selon ce physiologiste, seulement au bout de six semaines.

6° *Quelle est la durée de l'irritabilité :* a. *dans les muscles qui ne reçoivent plus de sang artériel*, b. *dans ceux dont la circulation veineuse est brusquement interrompue ?*

a. Si, par la ligature d'une artère de médiocre calibre, il est impossible de suspendre à l'instant même, et à plus forte raison, ultérieurement, le cours du sang artériel dans des muscles déterminés, attendu que la circulation continue dans les capillaires à l'aide de nombreuses anastomoses, il n'en est pas de même, quand on applique la ligature sur un tronc aussi volumineux que celui de l'aorte abdominale. Quoique, même encore après cette opération, la circulation puisse se rétablir dans

les membres abdominaux, un certain laps de temps sera au moins nécessaire à la dilatation graduelle des voies collatérales que le sang devra parcourir (*artères mammaires internes*, *épigastriques*, *iléo-lombaires*, *lombaires*, *intercostales*, etc.), et ce laps de temps suffira pour étudier la manière d'être d'un muscle dans lequel il n'y a plus de circulation artérielle : aussi allons-nous voir que, dans ce but, de nombreux expérimentateurs ont lié, sur les animaux vivants, l'aorte ventrale. Mais il importe de faire observer qu'ayant reconnu, dans leurs expériences, la *paralysie des mouvements volontaires* du train postérieur, ils ne se sont nullement occupés (Haller lui-même) de l'*irritabilité*, qui, comme nous l'avons vu, peut néanmoins persister dans des muscles devenus tout à fait sourds aux ordres de la volonté (1).

Swammerdam (2) et Sténon (3) pratiquèrent, les premiers, la ligature du tronc aortique, dans l'intention de reconnaître ses effets sur le mouvement musculaire. Willis (4), en rapportant l'expérience de ce dernier, s'exprime ainsi : « Observavit ille quod in cane vivo, ligatâ aortâ descendente, sine præviâ sectione, posteriorum omnium motus voluntarius cessaret quoties vinculum stringebat, iterùmque tot vicibus rediret quoties nodum laxaret. »

Ils furent bientôt imités par J. Brunner et Vieussens. « Aortæ truncum, » dit Brunner (5), « accuratè ligavi...... canemque dimisi languidum : vix pedibus is constitit; mox anterioribus nixus, posteriores vix movere potuit, tandemque post se raptavit *resolutos*. Resolvi iterùm abdominis nexus et filum ab hinc, quo aorta constricta fuit; vulnus ab hinc abdominis denuò consui, canemque dimisi, qui sensim ad sese rediens, pedibus anterioribus constitit primò, mox posterioribus movit, tandemque iisdem constitit, et ut anteà incessit. »

Cette expérience fut faite à Paris, en 1673. Celle de Vieussens (6) date peut-être d'une époque un peu antérieure : « Canis abdomine aperto, si descendens aortæ truncus valido stringatur vinculo, protinùs subjectæ diaphragmati partes *paralysi* laborant, remotoque vinculo, atque adeò sanguini libero commeatu reddito, eædem partes sensum motumque recuperant. » Gaspard Bartholin (7), E. Kœnig (8), Bohn (9), Cowper (10), Courten (11), Astruc (12), Pascoli (13), Langrish (14), etc., obtinrent les mêmes résultats sans y rien ajouter.

Lecat (15), dans un ouvrage en partie consacré à réfuter la doctrine de Haller sur l'irritabilité, cite deux observations de ligature de l'aorte qu'il a pratiquée sur des chiens, et ne s'inquiète même pas de savoir, dans ces cas, quelles modifications aurait pu subir l'irritabilité musculaire : il dit seulement que le premier de ces

(1) Lorry et J. Ph. Kay ont seuls parlé de l'irritabilité des muscles après la ligature de l'aorte ; mais ils sont arrivés à des résultats opposés, qui, d'ailleurs, comme je le prouverai plus loin, à cause des circonstances dans lesquelles ils ont été obtenus, ne sont nullement propres à résoudre la question qui fait l'objet de ce paragraphe.

(2) *Tractatus phys.-med. de respirat. et usu pulmonum.* Leyde, 1667, p. 62.

(3) *Biblioth. anat.* de Manget, t. II, *De motu musculari.*

(4) *Biblioth. anat.* de Manget, t. II, p. 556.

(5) *Experim. nova circa pancreas.* Leyde, 1722, in-18, p. 187.

(6) *Nevrographia universalis.* Lugduni, 1685, in-4, p. 247.

(7) *Epistol. ad Oligerum Jacobæum de nervorum usu in muscul. motu.* Paris, 1676, in-8.

(8) *Regn. anim.* Bâle, 1682, in-4, p. 170.

(9) *Circul. anatom. physiol.*, 1686, in-4, p. 102, 297, 398.

(10) Bidloi, *Introd. ad myolog.*, 1694, p. 11,

(11) *Philosoph. trans.*, n° 335.

(12) *Dissert. de motu muscul.*, *apud* Manget, *Bibl. anat.*

(13) *De homine*, p. 33.

(14) *De muscul. motu*, p. 17.

(15) *Traité du fluide des nerfs et du mouvement musculaire.* Berlin, 1765, in-8, p. 9 et suiv.

animaux devint paralytique au bout de sept à huit minutes, et le second, au bout de vingt minutes : que, d'ailleurs, chez tous les deux, la ligature avait embrassé l'aorte et la veine cave. Lecat ajoute : « Ces deux expériences confirment donc celles de Sténon et de Vieussens, sur la nécessité du concours du sang artériel au mouvement musculaire. »

Lorry (1) qui, à propos de l'irritabilité, se rangea aussi au nombre des antagonistes de Haller, seul, eut l'idée de rechercher si elle se conservait ou non dans les muscles qui ne reçoivent plus de sang artériel : « Après la ligature faite, dit-il, j'ai découvert un muscle et je l'ai irrité ; alors il s'est excité dans ce muscle, que le défaut de sang faisait blanchir, une vive contraction pareille à celle qui s'y excite ordinairement, quand on jette dessus un irritant.... La propriété de se contracter subsista, sans aucune diminution, pendant plus d'une *demi-heure* que dura l'expérience. » Du reste, peu de minutes avaient suffi pour que les *mouvements volontaires* eussent cessé dans les deux membres abdominaux.

Si Lorry, au lieu d'agir tout de suite sur la fibre musculaire, eut attendu plus longtemps pour y appliquer un stimulus, nul doute qu'il n'eût obtenu les résultats contraires que j'exposerai plus loin.

Haller (2) ayant lié, sur un chat, l'aorte au-dessous des reins, vit « l'animal perdre l'usage des jambes et ne plus pouvoir se soutenir sur elles. Celui-ci les attirait avec une espèce de convulsion, apparemment par le moyen du psoas...., etc. » Nul essai sur l'irritabilité.

« Sténon a observé, dit Bichat (3), et j'ai toujours vu qu'en liant l'artère aorte au-dessus de sa bifurcation, la paralysie des membres inférieurs survient *tout à coup*..... Non seulement il faut que, pour obéir à l'influence cérébrale, le muscle reçoive le choc du sang, mais encore du sang rouge, du sang artériel. » « Injectez, en effet, dans l'artère crurale d'un animal du sang pris dans une de ses veines, vous verrez bientôt ses mouvements s'affaiblir d'une manière sensible, quelquefois même une paralysie momentanée survenir. » Bichat accorde donc ici une sorte d'influence stupéfiante au sang veineux.

Ségalas (4) et J.-Ph. Kay (5) ont combattu l'opinion de Bichat. Selon le premier de ces expérimentateurs, « qu'on lie simultanément à la même hauteur, immédiatement au-dessus de leur bifurcation, l'artère aorte et la veine cave, l'animal, placé dans les mêmes circonstances qu'après la ligature isolée de l'aorte, conservera le mouvement des extrémités postérieures au moins une fois plus de temps, seize, vingt minutes et plus. Ce qui semble annoncer deux choses, et en prouver au moins une, savoir : que la suppression de la circulation veineuse retarde la perte des qualités stimulantes du sang rouge, et que le sang veineux, au lieu d'être stupéfiant, comme on l'a dit, est seulement moins excitant que le sang artériel. » Quant aux expériences du docteur J.-Ph. Kay, elles sont faites, en partie, dans le but de démontrer que, *si la contractilité d'un muscle a été anéantie par la ligature d'une artère, la transfusion du sang peut la rappeler*, que ce sang soit artériel ou veineux (expér. 12 et suiv.) : ce physiologiste en conclut « que Bichat

(1) *Recueil périod. d'obs.*, etc., par Vandermonde, janvier 1757, t. VI, p. 15 et 16.
(2) *Mém. sur le mouvement du sang.* Trad. Lausanne, 1756, in-18, p. 203, exp. 52.
(3) *Anat. génér.*, p. 279, t. II, éd. 1812. — Voy. aussi les *Recherches physiol. sur la vie et la mort.*
(4) *Journ. de physiol. expérim.*, t. IV, 1824, p. 288.
(5) *Journ. des progrès*, vol. X, 1828, p. 67, et vol. XI, p. 18.

avait émis une opinion sans fondement, quand il avait comparé l'action du sang veineux sur les muscles volontaires à celle exercée par les substances stupéfiantes. »
Si, à l'exemple de Lorry, J.-Ph. Kay a expérimenté sur l'irritabilité musculaire, après la ligature de l'aorte ou de la veine cave, il est important de noter qu'il a fait un usage immodéré du galvanisme *immédiatement* après l'opération ; aussi, en fatiguant, par des secousses électriques, la fibre musculaire, a-t-il vu cesser son irritabilité beaucoup plus tôt qu'elle ne disparaît spontanément.

Afin d'arriver à la solution exacte du problème que nous nous étions proposé, nous dûmes donc, dans nos expériences, éviter, comme on le verra, ces causes de perturbation et d'erreur.

Quant aux ligatures d'aorte qui ont été pratiquées, sur les animaux, par Astl. Cooper (1), P. Bérard (2), Pinel Grand-Champ (3), Scoutteten (4), etc., elles ont été faites surtout dans un but chirurgical, et n'ont point une application immédiate à la question qui nous occupe. Plusieurs de ces observations sont remarquables en ce sens que la circulation s'est rétablie dans les membres postérieurs, et que les animaux ont pu continuer à vivre.

Sur cinq chiens, j'ai lié l'aorte abdominale : à peu près au bout d'un quart d'heure, les membres abdominaux ont été complétement paralysés du mouvement volontaire, tandis que l'*irritabilité* a persisté deux heures un quart (durée moyenne) *dans les muscles de la jambe.*

Plusieurs particularités de ces expériences méritent d'être mentionnées, parce qu'elles expliquent les légères différences dans les produits : ainsi, chez les trois premiers chiens, la ligature de l'aorte *seule* fut faite au-dessous de la mésentérique inférieure ; chez le quatrième, entre les deux mésentériques ; et enfin, sur le cinquième, la ligature avait embrassé l'aorte et la veine cave, immédiatement au-dessus de leur bifurcation. Dans les trois premiers cas, deux heures après l'opération, les muscles de la jambe perdirent complétement leur irritabilité ; dans le quatrième celle-ci nous parut s'y maintenir, à la vérité, d'une manière peu sensible, et dans le cinquième cas, les mêmes muscles restèrent irritables pendant plus de deux heures et demie (5).

C'est avec intention que j'ai appliqué les stimulants immédiats, non aux muscles de la fesse ou même de la cuisse, mais à ceux de la jambe. En effet, les muscles des premières parties conservent presque constamment une aptitude légère à la contraction, la surface de leur incision offre une teinte encore assez rouge et un peu de sang artériel continue de s'en écouler ; tandis que les muscles non irritables de la jambe, quoique incisés, ne donnent point lieu à un semblable écoulement, et, au contraire, présentent une notable décoloration. D'où provient cette différence ? Assurément de ce que les premiers reçoivent encore dans leur épaisseur les ramifications terminales de quelques artères intercostales inférieures et surtout des lombaires. Il nous fallait donc signaler cette particularité, d'ailleurs suffisante pour donner lieu, plus tard, à d'apparentes contradictions.

(1) *Surgical essays.* London, 1818, et dans la trad. de Chassaignac et Richelot, p. 542.
(2) *Dict. de méd.* en 25 vol., t. III, p. 426.
(3) *Médecine opérat.* de Velpeau, p. 171, 2e édit., 1839.
(4) *Arch. génér. de méd.*, t. XIII, p. 505.
(5) Quoique ce dernier résultat s'accorde avec ceux que Ségalas et Ph. Kay ont déjà fait connaître, j'ai besoin de reproduire encore cette expérience pour avoir une conviction.

Quant à la quatrième expérience, dans laquelle même les muscles de la jambe ont paru demeurer *légèrement* irritables, je ferai observer que j'avais ici, en appliquant la ligature entre les deux artères mésentériques, laissé une voie de plus que dans les autres expériences, au rétablissement de la circulation dans les membres postérieurs : les larges anastomoses qui font communiquer la colique droite supérieure, division de la mésentérique supérieure, avec la colique gauche supérieure, division de la mésentérique inférieure, ont dû, en effet, ramener par cette dernière un peu de sang dans l'aorte, au-dessous de la ligature ; ce qui explique comment ce peu de sang artériel ayant continué de circuler dans les muscles des membres abdominaux, quelques traces d'irritabilité ont pu s'y conserver (1).

Afin de reconnaître l'état de l'irritabilité dans les muscles privés de circulation artérielle, j'ai fait le plus souvent usage des simples irritants mécaniques (pointe d'un scalpel, etc.), et ce n'est que quand ces moyens n'ont plus produit aucune réaction de la part de la fibre musculaire, que j'ai eu recours à l'électricité qui, lui étant appliquée d'une manière immédiate, assez souvent ne l'a pas plus longtemps fait osciller que les irritants ordinaires.

Dans toutes ces expériences, la sensibilité des téguments qui recouvrent les membres abdominaux a été diminuée, mais n'a jamais été abolie : le pincement du nerf sciatique et de ses branches m'a paru à peu près aussi douloureux que dans l'état normal.

Mais, voyant la fibre musculaire ne pas répondre aux excitations immédiates, j'ai voulu savoir si, en agissant sur le nerf sciatique, des contractions auraient lieu, et jamais l'électricité appliquée, même à ses ramuscules, ne détermina le moindre frémissement musculaire. Cependant ce nerf transmettait encore les impressions, de plus il communiquait encore avec l'axe cérébro-spinal et conséquemment il devait être chargé de force nerveuse motrice, qui seulement ne se révélait plus par des contractions, parce qu'elle s'exerçait sur des muscles privés de la vie (2).

L'expérience dans laquelle j'ai vainement électrisé le nerf sciatique vient donc confirmer les autres expériences que j'ai faites pour démontrer que l'irritabilité des muscles est indépendante de la force nerveuse *motrice*, puisque, sans elle, nous avons vu l'irritabilité persister, et que malgré l'application de cette force à la fibre musculaire, celle-ci a pu cesser d'être irritable. Le sang artériel est donc, au contraire, indispensable à l'*entretien* de l'irritabilité musculaire ; de plus, comme nous l'avons établi ailleurs, il faut le concours de certains nerfs sensitifs ou organiques : mais qu'on veuille bien remarquer que ces deux conditions sont nécessaires, non parce qu'elles donnent ou communiquent au muscle une force qui, au contraire,

(1) L'explication que nous venons de donner nous paraît d'autant plus admissible que, dans la crainte de n'avoir pas étreint suffisamment le tronc aortique à l'aide d'une première ligature, nous en appliquâmes une seconde à la même hauteur. — Parmi les chirurgiens, les uns veulent que, chez l'homme, il y ait avantage à lier l'aorte abdominale entre les deux mésentériques, parce qu'alors le rétablissement du cours du sang dans les membres inférieurs serait plus facile ; les autres pensent qu'un semblable procédé pourrait compromettre le succès de l'opération, à cause de l'abord trop abondant du sang qui reviendrait dans l'aorte, *au-dessous de la ligature*. Notre expérience démontre qu'*au moins chez le chien* le sang qui arrive alors au-dessous de celle-ci est en très minime quantité.

(2) Avec le temps, si néanmoins la circulation ne se rétablissait point, on comprendrait que l'excitabilité du nerf (quoique lié à l'axe cérébro-spinal) s'éteignît par suite de la modification des parties et du nerf lui-même.

lui est inhérente, mais bien seulement parce qu'elles y entretiennent la nutrition, sans laquelle toute propriété vitale doit disparaître d'un organe quelconque.

Après trois ou quatre heures, délie-t-on l'aorte, l'irritabilité se rétablit la première en peu de minutes, et les mouvements volontaires renaissent ensuite au bout d'un temps plus long (1) : on a vu qu'au contraire, après la ligature du tronc aortique, les mouvements volontaires disparaissent les premiers, tandis que l'irritabilité persiste encore longtemps après eux.

b. Dans mes expériences, la suppression de la circulation veineuse n'a point exercé une fâcheuse influence sur l'irritabilité de la fibre charnue. Chez des chiens qui avaient survécu *vingt-six heures* à la ligature de la veine cave inférieure, immédiatement au-dessus de sa bifurcation, les muscles des extrémités postérieures (même ceux de la jambe) sont demeurés, jusqu'à la mort, presque aussi irritables que ceux des autres parties du corps. Quant aux mouvements volontaires de ces extrémités, ils étaient à peine gênés par un œdème commençant; la sensibilité y était conservée et le nerf sciatique électrisé provoquait des contractions énergiques.

Ce qui suit est le résumé de ce que je crois avoir établi expérimentalement dans les pages qui précèdent :

1° Séparé de l'axe cérébro-spinal, un nerf *moteur* perd, après le *quatrième jour*, toute excitabilité : alors, applique-t-on aux bouts libres de ce nerf ou de ses divisions les irritants mécaniques, chimiques ou électriques, la fibre musculaire demeure immobile.

2° Au contraire, un muscle dont le nerf moteur n'est plus excitable, *même depuis plus de douze semaines*, oscille d'une manière très apparente, quand on lui applique un stimulant immédiat quelconque.

3° Puisque, si longtemps après l'extinction de toute force nerveuse motrice, la fibre charnue manifeste encore son irritabilité, sous une influence même purement mécanique, la décharge d'un agent impondérable, partant des nerfs de mouvement, n'est donc point nécessaire à la manifestation de cette propriété, et le stimulus spécial, transmis par les nerfs de cette classe, aux organes musculaires, n'est donc qu'une des nombreuses causes excitatrices de leur irritabilité.

4° Il n'est pas besoin, comme on l'avait avancé, qu'une excitation immédiate des muscles, propre à les faire contracter, agisse d'abord sur les nerfs, et la contraction n'est point la conséquence de cette action primitive.

5° Parce que l'irritabilité musculaire persiste sans le concours de nerfs moteurs, il n'est pas à dire qu'une réaction nerveuse d'un autre ordre ne soit point nécessaire à son entretien : nous avons démontré et expliqué le mode d'influence du système nerveux sur la conservation de l'irritabilité.

6° Les ligatures que nous avons pratiquées sur l'aorte abdominale des animaux nous ont fait connaître que, dans les muscles qui ne reçoivent plus de sang artériel, les mouvements volontaires n'existent plus *au bout d'un quart d'heure*, tandis que l'irritabilité subsiste, en général, au moins *pendant deux heures ;* que si, de nouveau, on permet l'abord du sang artériel, l'irritabilité reparaît en peu de minutes, et le mouvement volontaire se rétablit plus tard.

(1) Vingt minutes ou une demi-heure.

7° Chez les chiens, *vingt-six heures* après la ligature de la veine cave inférieure, immédiatement au-dessus de sa bifurcation, l'irritabilité des muscles des membres abdominaux n'est pas sensiblement modifiée, et leurs mouvements volontaires ne subissent qu'une médiocre diminution.

Conclusion générale. — *L'irritabilité* est une force inhérente *aux muscles vivants ;* si, quoique assurément indépendante des nerfs moteurs, l'irritabilité musculaire réclame, pour son entretien, le concours d'un autre ordre de nerfs (*sensitifs ou organiques*) et celui du sang artériel, nous espérons avoir établi que ces deux conditions sont nécessaires, non pour donner ou communiquer aux muscles la force ou la propriété dont il s'agit, *mais seulement pour y entretenir la nutrition*, *sans laquelle toute propriété vitale disparaît d'un organe quelconque.*

Caractères généraux et différentiels des mouvements musculaires.

I. Les mouvements produits par la contraction musculaire sont tantôt *simples* et tantôt *composés.*

Les *mouvements simples* ont pour agents des muscles dont la direction est droite ou réfléchie, ou bien des muscles dont les fibres décrivent des cercles complets.

1° Dans les muscles dont la direction est droite et dont la forme est allongée, chacune des fibres agit séparément ; toutes ces forces partielles s'ajoutent pour se concentrer sur le tendon de terminaison, qui, à son tour, transmet le mouvement au levier osseux sur lequel il est implanté. Dans les muscles larges, l'action est répartie sur un plus ou moins grand nombre de points, et comme les diverses insertions musculaires se font suivant des lignes dont la longueur et la direction sont variables, il en résulte des mouvements différents selon que le muscle agit par l'une ou l'autre de ses parties.

Deux exemples pris dans le système locomoteur des membres et du tronc suffiront pour faire comprendre ces principes : *a.* Le muscle brachial antérieur s'insère, d'une part, à une portion des faces externe et interne de l'humérus, de l'autre à l'apophyse coronoïde du cubitus. Toutes les fibres qui entrent dans sa constitution concentrent leur action sur l'aponévrose tendineuse qui le termine et conséquemment sur l'apophyse coronoïde du cubitus. La contraction du muscle aura donc pour effet de rapprocher le cubitus de l'humérus, et, comme ces deux os s'articulent par ginglyme, le cubitus exécutera un mouvement qui aura pour centre le coude et pour rayon la longueur de l'avant-bras ; ce dernier sera ainsi fléchi sur le bras. *b.* Admettons maintenant que ce soit le trapèze qui se contracte, en prenant son point fixe sur la série des apophyses épineuses cervico-dorsales auxquelles il s'insère : les attaches mobiles se faisant d'une autre part à toute la longueur de l'épine du scapulum, et le muscle lui-même étant composé de fibres dont la direction est différente, il en résulte un effet variable selon que les fibres supérieures ou descendantes, moyennes ou horizontales, inférieures ou ascendantes, se contractent. Enfin, si c'est le trapèze entier qui agit, le scapulum sera mû suivant une résultante de toutes les forces mises en jeu.

2° Dans les muscles dont la direction est réfléchie, leur action doit être estimée à partir du point de la réflexion. C'est de cette manière qu'on peut se rendre

compte de l'effet produit par la contraction des muscles grand oblique de l'œil, péristaphylin externe, péroniers latéraux, etc.

3° Les muscles qui sont formés de fibres décrivant des cercles complets, tels que l'orbiculaire des paupières ou des lèvres, le sphincter de l'anus ou de la vulve, sont destinés à rétrécir l'ouverture autour de laquelle ils sont groupés.

Quelques uns des muscles de l'économie ont une manière spéciale d'agir, comme ceux qui sont larges et qui limitent certaines cavités. Je citerai pour exemple le buccinateur : la distension des joues, soit par le fait de l'accumulation du bol alimentaire entre elles et les arcades dentaires, soit par l'accumulation de l'air expiré dans la bouche, rend courbes les fibres de ce muscle, et leur contraction a pour résultat de les redresser, maintenues qu'elles sont de chaque côté par des insertions immobiles aux deux os maxillaires.

Les *mouvements composés* sont ceux qui résultent de l'action simultanée de plusieurs muscles. Dans ce cas, la partie en rapport avec les organes qui se contractent se meut dans la direction de la résultante des mouvements qui lui seraient imprimés par chacun des muscles agissant séparément. Ainsi, lorsque les muscles droits supérieur et externe de l'œil fonctionnent, ils portent le globe oculaire en haut et en dehors.

Lorsque deux muscles, dont la direction est tout à fait opposée et dont la force est la même, se contractent, l'organe auquel ils s'insèrent reste immobile. Quand deux muscles, à direction et à insertion identiques, se contractent, il y a addition de forces, l'action de l'un des muscles s'ajoutant à l'action de l'autre.

De là, la distinction des muscles en muscles *antagonistes* et en muscles *congénères*.

Il peut encore arriver que deux muscles soient en partie opposés, en partie dirigés dans le même sens ; on comprend qu'alors une portion des forces est détruite et que l'autre seule subsiste. C'est ce qui se passe dans la contraction des sterno-cléido-mastoïdiens, lorsque ceux-ci prennent leur point fixe sur le sternum et la clavicule, et leur point mobile sur le temporal. Si les deux muscles se contractent simultanément, les effets produits pour la flexion s'ajoutent, et ceux qui sont produits pour le mouvement de rotation se détruisent. C'est ce que l'on exprime en disant que ces muscles sont, à la fois, antagonistes dans un sens et congénères dans l'autre.

Les muscles intérieurs peuvent présenter, comme les muscles extérieurs, des fibres dont les unes ont une action congénère, les autres une action antagoniste. Les deux couches musculaires de l'intestin, l'une longitudinale, l'autre circulaire, offrent précisément ces conditions.

II. Les mouvements qu'exécutent les muscles de la vie animale et ceux qu'accomplissent les muscles de la vie organique, présentent quelques différences. Ainsi, *en général*, les muscles de la première classe agissent sous l'influence de la volonté, ceux de la seconde se contractent en dehors de cette force et souvent sans que l'âme en ait conscience. Dans les muscles extérieurs, la contraction totale survient immédiatement après l'application de l'excitant ; dans les muscles intérieurs, la contraction est limitée au point irrité et ne se développe qu'un certain temps après l'application du stimulant externe.

Il semble donc rationnel, de prime abord, de diviser tous les mouvements en *mouvements volontaires* et en *mouvements involontaires ;* les premiers appartenant aux muscles de la vie animale, les seconds à ceux de la vie organique.

Toutefois, pour peu qu'on réfléchisse à une pareille division, on ne tarde pas à s'apercevoir qu'elle est attaquable par plusieurs points. Ainsi, il est incontestable qu'il existe des mouvements involontaires qui sont dus à des muscles ordinairement soumis à la volonté : le rire, le bâillement, les soupirs sont exécutés, en partie, par des muscles dont la contraction est évidemment volontaire. Le système nerveux prend une part aussi bien à l'accomplissement des mouvements involontaires qu'à celui des autres qui sont sous la dépendance de la volonté. La structure intime n'est pas non plus uniforme dans chacune des catégories de muscles chargés des deux ordres de mouvements. Si, en effet, on trouve le plus souvent des fibres striées dans les muscles de la vie de relation, des fibres plates dans les muscles organiques, le cœur ne fait-il pas une exception remarquable à cette règle ? Les propriétés physiques des muscles n'offrent pas une constance plus grande dans chacune des deux classes précédentes. Sans aucun doute, les muscles volontaires sont généralement rouges ; mais, chez les poissons, la plupart d'entre eux sont pâles. Par contre, si les muscles de la vie organique sont moins colorés, n'existe-t-il pas une exception pour la couleur des fibres musculaires du cœur des mammifères et du gésier des oiseaux?

Ni la physiologie ni l'anatomie ne sont donc favorables à la division des mouvements en volontaires et en involontaires. Quelques physiologistes ayant senti tous les inconvénients d'une pareille division, en ont proposé une autre : ils ont admis des mouvements *automatiques* et des mouvements *volontaires*. Mais il existe tant de variétés dans chacune de ces deux classes de mouvements, qu'en l'adoptant on retombe dans la même confusion. Pour ne parler ici que des mouvements automatiques, ne voit-on pas tout de suite qu'il y a une différence capitale entre les mouvements rhythmiques du cœur, ceux des muscles respirateurs et les mouvements réflexes?

III. J. Müller (1), qui a bien fait ressortir les inconvénients des distinctions précédentes, a proposé une nouvelle classification d'ailleurs assez complexe.

Il forme un premier groupe des mouvements qui sont déterminés par des irritations hétérogènes, externes ou internes. Un exemple de ces sortes de mouvements nous est fourni par l'action que la bile ou les fèces exercent sur les intestins, l'urine sur la vessie. Sous le nom d'*irritations hétérogènes*, le physiologiste allemand comprend toutes les causes de mouvement autres que la simple impulsion du principe nerveux. Tous les muscles de la partie animale et de la partie organique du corps peuvent exécuter ces espèces de mouvements, et ceux-ci s'accomplissent en dehors de la volonté ; la seule condition nécessaire à leur manifestation est une irritation. Cette dernière agit ou bien sur le muscle lui-même, ou sur le nerf, ou sur le centre cérébro-spinal.

Tous les muscles se contractent sous l'influence d'une irritation extérieure ; la seule différence qui existe, sous ce rapport, entre les muscles de la vie animale et ceux de la vie organique, est dans la rapidité plus ou moins grande avec laquelle

(1) *Manuel de physiologie*, t. II, p. 60. Trad. de Jourdan.

la contraction succède à l'irritation qui la détermine. Sous ce rapport, on sait, comme nous l'avons déjà dit, que, dans les muscles animés par des filets nerveux du grand sympathique, le mouvement s'établit avec plus de lenteur que dans ceux qui reçoivent des nerfs du système cérébro-spinal.

Une irritation portée sur les nerfs donne lieu à une contraction musculaire. Cet effet ne s'observe pas seulement dans les muscles de la vie animale; ceux de la vie organique partagent avec les précédents cette remarquable propriété. Humboldt a changé les battements du cœur en appliquant le galvanisme aux nerfs cardiaques; J. Müller (1) a ravivé le mouvement péristaltique du canal intestinal d'un lapin, en galvanisant le ganglion cœliaque, ou en le touchant avec la potasse caustique.

L'irritation des organes centraux du système nerveux n'est pas moins puissante pour exciter des contractions dans les muscles de la vie animale et dans ceux de la vie organique. Wilson Philip, par exemple, a reconnu que le mouvement du cœur peut être changé par l'excitation de l'encéphale et de la moelle. Quant à l'influence des diverses parties du centre cérébro-spinal sur les différentes portions de l'appareil moteur de la vie animale, je renvoie le lecteur au chapitre dans lequel je traiterai ce sujet avec tous les détails qu'il comporte. (Voyez t. II, 2e partie, p. 20 à 42.)

IV. Les mouvements *automatiques* forment une classe fort nombreuse. Sous ce nom, J. Müller comprend « tous les mouvements qui, indépendants des actions de l'âme, sont continus ou affectent un rhythme régulier, et qui dépendent de causes naturelles, compatibles avec la santé, dont les nerfs ou les organes centraux sont le siége. »

Nous trouvons d'abord ici une première division de ces mouvements : ceux qui dépendent du grand sympathique et ceux qui dépendent des organes centraux. Ces derniers offrent eux-mêmes tantôt un type intermittent, tantôt un type continu.

A. — Les mouvements automatiques, qui dépendent du nerf grand sympathique, se rencontrent aussi bien dans les muscles dont les faisceaux primitifs présentent des fibres striées, tels que le cœur, que dans les muscles à fibres plates, comme les intestins et le corps de la vessie. Le caractère différentiel de ces mouvements, c'est que les premiers, dus aux fibres striées, sont, en général, prompts, instantanés, tandis que les seconds sont lents à se produire; différence qu'on a cru devoir rattacher à la structure des fibres musculaires qui forment les deux ordres d'organes contractiles.

Tous ces mouvements présentent quelques caractères généraux qu'il suffira de signaler rapidement. Les contractions se propagent à l'organe peu à peu; on s'assure de ce fait en expérimentant sur le cœur de la grenouille : on voit alors le mouvement commencer aux veines caves et se propager successivement aux oreillettes, aux ventricules et au bulbe de l'aorte. Il en est de même du canal intestinal où le mouvement procède de haut en bas; de la matrice, où il est vermiculaire. Si l'on applique des irritants sur les organes doués de mouvements automatiques, on ne change pas l'ordre naturel de succession de ces mouvements, on ne fait qu'augmenter leur intensité. Par exemple, le cœur bat avec plus de force et

(1) *Ouv. cit.*, t. II, p. 61.

de fréquence quand il est irrité ; mais le rhythme de ses mouvements ne semble pas altéré, les diverses parties de l'organe se contractent dans le même ordre qu'auparavant. La même remarque est applicable aux mouvements du tube intestinal et de la matrice.

Est-il possible de pénétrer la cause intime des contractions rhythmiques que présentent les muscles organiques? Sans vouloir s'engager trop avant dans les hypothèses, on peut poser quelques principes propres à mettre sur la voie de la solution de ce problème.

Mais recherchons d'abord les rapports qui existent entre les diverses parties du système nerveux et les mouvements qui nous occupent, et en particulier ceux du cœur.

Willis (1), qui fait dériver du cervelet tous les mouvements involontaires, pense que le nerf vague est l'intermédiaire principal à l'aide duquel le *cœur* tire de cette portion de l'encéphale le principe de ses mouvements. Haller (2) avec son école, proclamant la doctrine de l'*irritabilité* et déclarant le cœur éminemment irritable, regarde le sang comme son excitant naturel, et le système nerveux comme tout à fait étranger à ses contractions. Prochaska (3), frappé de l'insuffisance de la théorie hallérienne, et d'ailleurs admettant la puissance nerveuse comme une des conditions d'où dépend l'irritabilité, fait émaner des ganglions du grand sympathique la force nerveuse qui entretient les contractions cardiaques. Enfin, Legallois (4) affirme que le cœur soutire le principe de ses battements de *tous les points* de la moelle épinière par l'entremise du grand sympathique, qui en provient.

Sur des mammifères, j'ai à la fois enlevé le cervelet et reséqué les deux nerfs vagues : les contractions du cœur ont persisté jusqu'à la mort, arrivée seulement du second au troisième jour. Assurément, si l'opinion de Willis eût été fondée, la mort serait survenue dans un laps de temps infiniment plus court.

Haller et ses partisans, en preuve de l'indépendance dans laquelle le cœur serait du système nerveux, alléguaient : 1° que la stimulation des nerfs cardiaques ne cause aucun changement dans les contractions de cet organe, et ne les rappelle pas quand elles ont cessé ; 2° que l'irritation des moelles allongée et épinière ne produit aucun effet sur le cœur ; 3° que si l'on interrompt toute communication entre lui et le cerveau, *source unique de la puissance nerveuse*, les mouvements cardiaques continuent comme auparavant, ce qui a lieu, par exemple, pour un cœur qu'on vient d'arracher de la poitrine d'un animal vivant.

Mais aucun de ces arguments n'est inattaquable. En effet, la stimulation électrique des nerfs du cœur peut changer ses pulsations, ou même les éveiller de nouveau quand elles viennent de s'éteindre. Les expériences de Wedemeyer (5), et surtout celles de Wilson Philip (6), nous apprennent que l'humectation de la moelle épinière avec de l'alcool accroît les battements cardiaques, mais que la dissolution

(1) *Cerebr. anat. nervorumque descript. et usus*, p. 185. Amsterdam, 1683.

(2) *Dissert. sur l'irritabilité*, dans *Mém. sur la nature sensible et irritable des parties du corps humain*, t. I, p. 72. Lausanne, 1756.

(3) *Comment. de funct. syst. nerv.*, 1784 ; dans le 4e fascic. des *Adnot. acad.* de cet auteur, et réimp. dans ses *Opera minora*. Vienne, 1800.

(4) *OEuv. compl.* avec des notes de Pariset, t. I, p. 144. Paris, 1830.

(5) *Untersuchungen über den Kreislauf*, p. 325.

(6) *An experim. inquiry into the laws of the vit. funct.*, etc., chap. II, p. 80, et chap. XI, p. 243.

d'opium ou d'infusion de tabac, après les avoir accélérés, les ralentit bientôt; qu'enfin, dans ces cas, la portion cervicale de la moelle est celle qui exerce le plus d'influence. Ces expériences avec l'alcool m'ont souvent réussi sur des animaux décapités. La persistance temporaire des contractions, dans un cœur séparé de l'axe cérébro-spinal, ne prouve pas davantage qu'elles aient lieu sans l'intervention du système nerveux; car il est bien permis de croire qu'elles continuent seulement jusqu'à ce que les ganglions de Remak et les filets nerveux qui pénètrent la fibre contractile aient dépensé, d'une manière périodique et plus ou moins rapide selon l'espèce animale, toute la force nerveuse qu'ils tenaient en réserve.

On concevrait d'autant mieux que la seule intervention du grand sympathique fût d'abord suffisante, que, d'après Tiedemann, la substance grise de la moelle n'apparaît, chez le fœtus, que vers le sixième ou le septième mois. Mais, plus tard, la force nerveuse destinée à animer le cœur devant être augmentée, les sources d'où elle provient devaient se multiplier: aussi, selon nous, voit-on s'associer nécessairement dans leur action, et la substance grise ganglionnaire, et la substance grise de la moelle, quoique chacune d'elles fournisse isolément le principe nerveux. De la sorte on s'explique, d'une part, l'entretien de la circulation chez les fœtus amyélencéphales, et, de l'autre, la persistance de la circulation, même chez l'adulte, plusieurs heures après la destruction de la moelle épinière.

Ajoutons que Remak (1) a découvert récemment, dans la substance même du cœur, de petits renflements ganglionnaires qui, peut-être, ne sont pas non plus étrangers à l'entretien des contractions plus ou moins durables de cet organe, après qu'on l'a séparé de l'axe cérébro-spinal et du cordon cervical du grand sympathique.

Quant au *canal intestinal*, qui, comme le cœur, se meut sans la participation de la volonté, et qui, comme lui, se contracte longtemps encore après son isolement du centre nerveux cérébro-spinal, il existe bien des incertitudes sur le véritable siége du principe de ses mouvements.

Aussitôt qu'ont cessé les mouvements péristaltiques de l'intestin, provoqués d'abord par l'impression de l'air, vient-on à verser de la potasse caustique sur les ganglions solaires ou bien à faire passer un courant électrique dans les grands nerfs splanchniques, on voit, au bout de quelques secondes, les contractions de tout l'intestin grêle reprendre leur vivacité : J. Müller (2) a exécuté ces expériences avec succès sur des lapins, et je les ai reproduites, avec le même succès, chez des chiens. De plus, j'ai vu les mouvements intestinaux, déjà éteints, reparaître sous l'influence de la stimulation électrique de la moelle dorsale ou lombaire. Dans les maladies de cet organe, chez l'homme, on observe assez fréquemment une dilatation considérable de l'intestin, due à l'affaiblissement de sa tunique musculeuse et à la constipation opiniâtre qui en résulte.

Dans notre opinion, la substance grise des portions dorsale et lombaire de la moelle, les ganglions des plexus épigastrique, lombo-aortique et hypogastrique, quelques autres petits ganglions disséminés dans le mésentère, tels sont les foyers desquels procède la force excitatrice des contractions intestinales.

Cette manière de voir n'est pas partagée par tous les physiologistes : Bidder (3),

(1) MULLER'S *Archiv*, 1844.
(2) *Manuel de physiol.*, t. I, p. 629. Trad. de Jourdan.
(3) MULLER'S *Archiv*, 1844, p. 379 et suiv.

par exemple, nie tout concours de la part de la moelle. Il dit qu'après l'avoir retranchée tout entière chez des grenouilles, si ce n'est au niveau de la première vertèbre cervicale, il a vu les mouvements de l'intestin persister, et ces animaux survivre six et même dix semaines. Au contraire, les grenouilles mouraient au bout de neuf à quinze jours, si, le bulbe restant intact, l'encéphale était détruit ; elles succombaient avant le sixième jour, après la destruction de la moelle et de l'encéphale, sauf le bulbe. Or, selon Bidder, si les mouvements de l'intestin peuvent régulièrement persister en l'absence du centre nerveux cérébro-spinal, on ne peut plus chercher l'appareil producteur et régulateur de ces mouvements que dans les ganglions. Mais cet expérimentateur oublie sans doute que, dans toutes ces expériences, le bulbe est demeuré intact : sa conclusion n'est donc point rigoureuse. Du reste, je dois déclarer que, sur un nombre considérable de grenouilles très vives auxquelles j'ai fait subir les précédentes mutilations, je n'ai pu, quoiqu'elles eussent survécu un temps suffisant, acquérir la parfaite certitude de la persistance normale des mouvements intestinaux chez aucune d'elles.

Toutefois, s'il est permis de supposer que ce sont les nerfs du grand sympathique qui tiennent en effet plus spécialement sous leur dépendance les mouvements rhythmiques des muscles organiques, il reste à savoir si la cause intime du rhythme réside dans les fibres musculaires ou dans les fibres nerveuses.

Admettons pour un instant la première hypothèse. Pour se rendre compte d'une pareille propriété que posséderaient les fibres musculaires, il serait nécessaire que l'action du principe nerveux étant continuelle, les fibres du cœur ou celles des intestins perdissent leur faculté contractile après chaque contraction, et la reprissent par le fait seul d'un repos très court. Cette hypothèse, tout ingénieuse qu'elle paraisse, soulève des objections : ainsi tous les autres muscles se meuvent d'une manière durable quand l'irritation persiste ; et, quand ils sont fatigués, il faut, pour rétablir en eux l'aptitude à ressentir les irritations, non seulement un repos plus ou moins prolongé, mais encore l'influence du sang en circulation. Or, nous avons déjà fait observer que le cœur arraché de la poitrine continue ses battements ; et, dans ces conditions, ne sait-on pas que les capillaires de l'organe, alimentés par l'artère cardiaque antérieure et postérieure, ne reçoivent plus de sang ? Sera-t-on plutôt porté à mettre le rhythme des contractions sur le compte de la nature même des fibres des muscles organiques ? Mais ne voit-on pas tout de suite la différence qui existe, sous ce rapport, entre les fibres musculaires du cœur et celles du canal intestinal ?

Il faut donc en venir à la seconde hypothèse, à savoir que la cause du rhythme réside dans les fibres nerveuses. Mais comment l'impulsion du principe nerveux, dans les parties auxquelles le grand sympathique distribue ses filets, observe-t-elle un rhythme ? J. Müller (1) l'explique par la présence des ganglions qui se trouvent sur le trajet des filets nerveux. Ces ganglions ont été comparés à des demi-conducteurs du fluide nerveux ; l'irritation du ganglion cœliaque ne se transmet elle-même, ainsi que nous l'avons vu, que lentement au canal intestinal. Les nerfs du grand sympathique seraient donc, comme les ganglions appartenant au même système, des demi-conducteurs. D'après cela, on comprendrait que le fluide nerveux s'accumulât dans les ganglions pendant un temps déterminé jusqu'à ce que la

(1) *Ouvr. cit.*, t. II, p. 64.

somme d'influx nerveux ainsi accumulé l'emportât sur le pouvoir isolant du ganglion. A ce moment seulement le fluide nerveux s'en échapperait, et parcourant les filets nerveux émanés du ganglion, irait porter son action sur les fibres musculaires auxquelles ces derniers se distribuent.

B. — Les mouvements automatiques du système animal, à type intermittent, comprennent les mouvements respiratoires. Il s'agit d'abord de rechercher la portion des centres nerveux qui tient ces mouvements sous sa dépendance, après quoi nous essaierons de pénétrer l'essence de ce mouvement rhythmique.

Enlevez successivement à un jeune chien, par exemple, les lobes cérébraux, les corps striés, les couches optiques, les tubercules quadrijumeaux, le cervelet et la protubérance annulaire ; videz, en un mot, à peu près complétement la cavité crânienne, et vous verrez (le bulbe rachidien et la moelle demeurant intacts) les mouvements de la *respiration* continuer avec une grande régularité. Mais lorsqu'à l'aide de deux sections transversales du bulbe, vous aurez intercepté un segment ou une rondelle renfermant l'origine de la huitième paire avec quelques filets radiculaires du nerf spinal, les mouvements respiratoires s'arrêteront d'une manière brusque, et l'animal périra asphyxié.

Il existe donc, dans les centres nerveux, une partie qui tient sous sa dépendance immédiate le mécanisme respiratoire, et dont la destruction enraie aussitôt le jeu de ce mécanisme.

Ce fait, aussi curieux qu'important, était déjà connu de Galien lui-même (1). Lorry (2), ignorant sans doute l'expérience de Galien, annonce, avec étonnement, le même résultat.

Mais ni Galien, ni Lorry n'avaient rigoureusement délimité cette portion de l'axe cérébro-spinal dont la lésion tue les animaux à l'instant même. Legallois et surtout Flourens ont mis plus de précision dans leurs recherches.

Selon Legallois (3), le premier mobile, le principe de tous les mouvements inspiratoires a son siége vers cet endroit de la moelle allongée (bulbe rachidien) qui donne naissance aux nerfs de la huitième paire. Flourens (4) a démontré que l'organe *premier moteur* du mécanisme respiratoire se trouve à l'origine même de cette paire nerveuse, qu'il commence avec elle et s'étend un peu au-dessous.

Mes propres expériences m'ont conduit à reconnaître que l'organe premier moteur du mécanisme respiratoire n'a pas son siége *dans toute l'épaisseur* de la rondelle ou du segment de bulbe, commençant avec l'origine même de la huitième paire, et finissant un peu au-dessous d'elle. En effet, j'ai pu diviser, détruire, à ce niveau, les pyramides et les corps restiformes, et voir la respiration persister : au contraire, la *destruction isolée du faisceau intermédiaire du bulbe*, au même niveau, *a produit la suspension instantanée de la respiration.* A cette occasion, je ferai remarquer que les corps restiformes et pyramidaux sont exclusivement formés de fibres blanches, remplissant le simple rôle de conducteur des impressions et des ordres de la volonté, tandis que le faisceau intermédiaire (j'appelle ainsi celui qui est situé entre les corps pyramidal et restiforme) est seul pénétré d'une quantité considérable de substance grise, riche en vaisseaux artériels, et

(1) *De anat. administr.*, lib. VIII, cap. IX, p. 696 et 697, édit. de Kühn. Leipsick, 1821.
(2) Acad. des sc., *Mém. des savants étrangers*, t. III, p. 366 et 367.
(3) *Œuv. compl.*, t. I, p. 247 et 259 (Rapport de Percy), avec des notes de Pariset. Paris, 1830.
(4) *Ouv. cit.*, p. 203.

apte à représenter au centre du bulbe rachidien un foyer spécial d'innervation. C'est donc l'intégrité fonctionnelle de ce foyer spécial qui est seule nécessaire, chez les animaux, à l'entretien de leurs mouvements respiratoires ; tandis que les facultés motrice et sensitive des parties qui l'avoisinent (*pyramides et corps restiformes*) peuvent être suspendues sans danger immédiat pour la vie, comme je l'ai constaté sur les animaux soumis à l'inhalation de l'éther. Est-il besoin d'ajouter que tous les jours, chez les agonisants et les apoplectiques, on a lieu d'observer que, ne fonctionnant déjà plus comme organe de transmission, ni des impressions sensitives, ni de l'action cérébrale sur les muscles volontaires, cependant le bulbe continue d'agir comme premier moteur du mécanisme respiratoire?

Il est donc bien démontré que la cause commune des mouvements respiratoires réside dans le bulbe.

Quelle idée doit-on se faire du rhythme des mouvements respiratoires? Est-ce une seule excitation des muscles inspirateurs qui agit périodiquement, c'est-à-dire à des intervalles déterminés ? ou bien sont-ce deux excitations consécutives et alternatives, dont l'une répond à l'inspiration et l'autre à l'expiration? Si l'on observe un homme dont la respiration est calme, on constate que l'expiration semble résulter de la mise en jeu de l'élasticité et de l'abaissement spontané des parties qui ont été précédemment distendues et soulevées. Lorsqu'au contraire l'inspiration s'exécute avec plus de force et de fréquence, l'expiration devient elle-même active; alors il est incontestable que le rhythme des mouvements respiratoires offre deux temps distincts. On peut donc dire qu'alors, durant la respiration, il s'opère dans le bulbe rachidien une décharge du principe nerveux vers tous les muscles inspirateurs, et que, bientôt après, a lieu une autre décharge vers les muscles expirateurs.

Reste à présent à rechercher la solution de deux questions :

1° Quelle est la cause qui excite le bulbe rachidien à opérer ces décharges du principe nerveux vers les nerfs respiratoires, après la naissance?

On a supposé que la sensation exercée par l'air atmosphérique sur les poumons, au moment où le fœtus vient au monde, se transmet par le nerf pneumo-gastrique jusqu'au foyer central des mouvements respiratoires, et que cette excitation est suivie de la décharge du principe nerveux à travers les différents nerfs qui animent les muscles respiratoires. L'expérience suivante ne semble pas favorable à cette hypothèse : la section des nerfs pneumo-gastriques et des rameaux laryngés supérieurs, pratiquée sur des lapins, n'abolit pas le rhythme des mouvements respiratoires, qui persistent pendant plusieurs heures (1). Kind (2) a voulu expliquer l'établissement de ces mouvements par l'irritation que l'air atmosphérique exerce sur la peau : mais on peut objecter qu'une grenouille dépouillée de toute sa peau continue à respirer.

On attribue, assez généralement, l'établissement des mouvements respiratoires à l'action toute spéciale produite par l'excitation du sang artériel sur le bulbe rachidien. Lorsqu'on tient des grenouilles plongées pendant plusieurs heures dans du gaz hydrogène, ces animaux cessent de respirer au bout de quelque temps. Si on les expose ensuite à l'action de l'air atmosphérique, et si le cœur bat encore, les mouvements respiratoires renaissent à mesure que le sang subit l'influence de l'oxygène de l'air. Ce serait donc une excitation spéciale, causée

(1) J. MÜLLER, *ouv. et t. cit.*, p. 70.
(2) VOLTOLINI, *Diss. de motu respiratorio*. Berlin, 1842.

par le sang artériel sur le bulbe, qui donnerait lieu aux décharges du principe nerveux qui anime les muscles de la respiration.

2° Comment peut-on se rendre compte du rhythme des mouvements respiratoires, ou, en d'autres termes, comment l'excitation continue du bulbe rachidien par le sang artériel, qui lui arrive incessamment, produit-elle une décharge périodique du principe nerveux du bulbe? Nous entrons ici dans le champ des hypothèses.

(*a*) On pourrait admettre qu'il y a dans le bulbe rachidien un pouvoir isolant analogue à celui des ganglions du grand sympathique, et que ce pouvoir isolant empêche le principe nerveux de se décharger à mesure qu'il est produit par l'action que le sang artériel exerce sur la substance nerveuse. Le principe ou l'influx nerveux s'accumule jusqu'au moment où il surmonte la résistance du corps isolant qui le retenait, et fait alors irruption dans les nerfs respiratoires pour faire contracter les muscles auxquels ces nerfs se distribuent.

(*b*) On pourrait encore supposer que l'aptitude d'un nerf à conduire le principe nerveux, ou l'aptitude des muscles à se contracter sous l'influence de ce principe, est limitée et cesse au bout d'un certain temps, jusqu'à ce qu'elle se soit rétablie par le travail de la vie dans les vaisseaux capillaires. Ce qui paraîtrait favorable à cette opinion, c'est que l'inspiration ou la contraction des muscles inspirateurs, aussi bien que l'expiration, c'est-à-dire la contraction des muscles expirateurs, sont limitées. Toutefois, cette opinion ne s'harmonise pas avec ce qui se passe dans les autres muscles, dont la contraction peut être soutenue pendant un temps assez long. Ce qui prouve, au surplus, que ces deux théories sont insuffisantes, c'est que, après une longue inspiration volontaire, on éprouve non seulement un épuisement des muscles inspirateurs, mais le besoin d'exercer un autre effort en sens inverse. Il en est de même après une longue expiration. Cette dernière considération a donc suggéré une autre hypothèse.

(*c*) La cause de l'alternance des mouvements respiratoires est dans le besoin d'expirer l'air imprégné d'acide carbonique. Rappelons ici l'expérience précitée de la section des nerfs vagues et des laryngés supérieurs. Après cette opération, pour beaucoup de physiologistes, toute sensation respiratoire serait abolie; et pourtant les mouvements rhythmiques de la respiration persistent.

(*d*) Je ne ferai que mentionner une quatrième hypothèse, dans laquelle on admet que le rhythme des mouvements respiratoires dépend de la différence que le resserrement et l'ampliation de la poitrine apportent dans la plénitude des gros troncs veineux et des veines du cerveau.

On voit que, dans l'état actuel de la science, il est impossible de préciser la véritable cause des décharges périodiques et alternatives du principe nerveux vers les nerfs qui animent les muscles inspirateurs et expirateurs. Tout ce que l'on peut affirmer, c'est que le bulbe rachidien est le foyer central des divers mouvements respiratoires.

C. — J. Müller (1) admet, parmi les mouvements automatiques du système animal à type continu, les mouvements des sphincters, qui, suivant lui, sont dans un état de contraction permanente. Le resserrement de ces muscles étant plutôt le résul-

(1) *Ouv. et l. cit.*, p. 73.

tat de cette propriété qu'on appelle *tonicité* que d'une véritable contraction, nous n'y insisterons pas davantage.

V. Nous avons parlé précédemment des muscles congénères et des muscles antagonistes. Ces derniers jouent un rôle dans divers mouvements qu'ils peuvent déterminer et que le physiologiste allemand a désignés sous le nom de *mouvements par antagonisme*. Ces sortes de mouvements ont lieu quand certains muscles sont paralysés: la tonicité, qui est alors mise en jeu dans les antagonistes de ceux-ci, les fait revenir sur eux-mêmes, c'est-à-dire rapproche leurs points d'attache, et conséquemment imprime aux organes auxquels ils s'insèrent des mouvements. C'est ainsi que, dans l'hémiplégie faciale, la commissure labiale est déviée. C'est ainsi encore qu'après l'extirpation de la partie moyenne de la mâchoire inférieure, l'os hyoïde et la langue sont tirés en arrière, le premier par le stylo-hyoïdien, la seconde par le stylo-glosse; les muscles digastriques, mylo-hyoïdiens, génio-hyoïdiens, génio-glosses ayant été coupés.

Si l'on envisage la disposition générale des muscles des membres, on reconnaît que ces muscles forment des groupes antagonistes; fléchisseurs et extenseurs, supinateurs et pronateurs, abducteurs et adducteurs, rotateurs en dehors et rotateurs en dedans, s'opposent mutuellement leur action réciproque. Certains muscles ont des antagonistes faibles ou en manquent. Ainsi les rotateurs en dehors de la cuisse sont nombreux : les fessiers, les obturateurs, le pyramidal, les jumeaux, le carré crural, forment ce groupe; comme rotateurs en dedans, on ne trouve que le moyen fessier, une portion du petit, et peut-être le *fascia lata*.

Une loi assez constante, sinon générale, est que des nerfs différents se distribuent à des muscles antagonistes. Ainsi les fléchisseurs de la main et des doigts sont animés par les divisions du nerf cubital et du nerf médian; les extenseurs de la main et des doigts par le nerf radial, les fléchisseurs de l'avant-bras par le nerf musculo-cutané, les extenseurs de l'avant-bras par le nerf radial.

Cependant il arrive parfois qu'un même nerf tient sous sa dépendance des muscles antagonistes : ainsi le nerf sciatique poplité externe fournit aux muscles péroniers qui élèvent le bord externe du pied, et au jambier antérieur qui en élève le bord interne; le moteur oculaire commun, aux muscles élévateur et abaisseur du globe de l'œil; le nerf récurrent aux muscles constricteurs et dilatateurs de la glotte, etc.

VI. *Des mouvements réflexes.* — Une impression faite à nos organes peut, en parcourant des voies différentes dans la masse cérébro-spinale, donner lieu à des mouvements de nature distincte. Ainsi, tantôt transmise à l'encéphale directement par les nerfs sensitifs crâniens, ou indirectement par l'entremise de la moelle épinière et des racines spinales postérieures, elle va s'élaborer dans la région encéphalique où réside le *sensorium commune*, s'y transforme en sensation, et, par conséquent, arrive à la connaissance de l'animal qui peut réagir par des mouvements *volontaires* : tantôt, également transmise par les nerfs sensitifs, soit à une partie déterminée de l'encéphale, soit à la moelle épinière, cette impression occasionne, sans se transformer nécessairement en sensation, une incitation immédiatement réfléchie sur les nerfs moteurs; d'où des mouvements dits *réflexes*, à la production desquels la volonté ne prête plus son concours.

La puissance, qui donne ainsi lieu à des mouvements sans la participation de la

volonté, a été considérée comme une faculté spéciale de l'axe cérébro-rachidien, et désignée sous les noms de *pouvoir réflexe*, *faculté* ou *propriété excito motrice.*

Aucun expérimentateur n'a reconnu plus souvent que Legallois que ces sortes de mouvements disparaissent par la destruction de la moelle, dont le concours, comme organe central, est par conséquent indispensable à l'action réflexe des nerfs sensitifs sur les nerfs moteurs, d'après l'expression de Prochaska.

Dès 1823, Herbert-Mayo (1) avait reconnu que les phénomènes réflexes ne sont pas restreints à la moelle et aux nerfs spinaux, mais qu'ils peuvent se manifester, par l'entremise des masses encéphaliques et des nerfs sensoriels cérébraux, à la suite de véritables sensations. Ce physiologiste a démontré, en effet, qu'après la section du nerf optique, toute excitation mécanique du bout cérébral de ce nerf, chez l'animal vivant, est accompagnée de mouvements de la pupille. Or, on sait que la section de cette paire nerveuse, dans l'extirpation de l'œil chez l'homme, fait apercevoir au malade des masses considérables de lumière : la précédente expérience fournit donc un exemple de mouvement involontaire réflexe succédant à une sensation, et dans lequel l'encéphale lui-même sert d'intermédiaire entre l'excitation sensorielle ou centripète et l'excitation motrice ou centrifuge. C'est d'ailleurs un phénomène du même ordre qu'on observe à l'état normal, toutes les fois que la lumière vient à impressionner la rétine elle-même.

Quant au pouvoir réflexe de la moelle épinière, Herbert-Mayo (2) s'énonce ainsi : « Si l'on divise la moelle au milieu du cou, et qu'on fasse une seconde section au milieu du dos, on produit une contraction musculaire en irritant un organe sensitif lié avec l'un ou l'autre segment isolé; si l'on pique la plante du pied, le pied se retire brusquement, de la même manière que cela eût eu lieu pendant la vie, c'est-à-dire qu'un organe sensitif est excité, et qu'une irritation se propage au moyen du nerf sensitif jusqu'au segment isolé de la moelle épinière, où elle donne lieu à un changement suivi d'une impulsion propagée le long des nerfs de la volonté jusqu'aux muscles de la partie correspondante. »

On a vu déjà que ces actes consistent en ce qu'une excitation quelconque, émanée d'un organe de l'économie, et transmise par des fibres nerveuses sensitives, soit à la moelle épinière, soit à l'encéphale, se *réfléchit*, par l'entremise de ces centres nerveux, sur des fibres nerveuses motrices, pour donner lieu à des mouvements dits réflexes, auxquels la volonté reste complétement étrangère. Or, ces sortes de mouvements, qui ont, de plus, pour caractère de ne se produire, en général, qu'à la suite de la stimulation des nerfs sensitifs (3), peuvent se manifester, soit dans les muscles de la vie animale, soit dans ceux de la vie organique; ce qui nous oblige, par conséquent, à les examiner dans ces deux cas. Après un pareil examen, on comprendra facilement toute l'importance du rôle que joue, dans l'accomplissement de certains phénomènes de la vie, l'aptitude de l'axe cérébro-spinal à produire des décharges motrices involontaires.

Dans les mouvements réflexes des muscles de la vie animale, comme dans ceux des muscles de la vie organique, l'excitation centripète, propagée à l'encéphale ou à la moelle épinière, peut prendre naissance, soit dans les nerfs cérébro-rachidiens, soit

(1) *Anat. and physiol. commentaries.* Londres, 1823.

(2) *Ouv. cit.*, 3e édit., p. 230.

(3) Toutefois, le bâillement et le vomissement peuvent avoir lieu par cela seul qu'on voit ou qu'on entend quelqu'un bâiller ou vomir. Après avoir éprouvé violemment le mal de mer, il m'est arrivé, pendant plusieurs jours, de vomir au seul souvenir des angoisses que j'avais endurées.

dans les nerfs de la vie organique, et, dans l'un ou l'autre cas, suivant qu'elle arrive ou non jusqu'au siége du *sensorium commune*, devenir sensation ou ne pas prendre ce caractère. Je ne partage donc pas l'opinion de ceux qui prétendent que les mouvements réflexes ne sont jamais précédés de sensations, et je me range à l'opinion contraire de Prochaska, dont la vérité est surabondamment démontrée par l'observation des faits. Du reste, j'abandonnerai au lecteur la tâche facile de reconnaître, parmi les effets réflexes qui vont être signalés, ceux qui ont lieu avec ou sans l'intervention du *sensorium commune*.

1° *Mouvements réflexes des muscles de la vie animale, succédant à l'irritation des nerfs sensitifs céphalo-rachidiens.* — Quand, à l'aide d'une section transverse pratiquée au niveau de la région dorsale, on a complétement divisé une grenouille ou une salamandre, si l'on vient à stimuler les téguments des membres abdominaux, ceux-ci exécutent encore des mouvements plus ou moins énergiques. Mais ce phénomène intéressant ne se manifeste qu'autant que, dans le train postérieur de l'animal, existe un tronçon de moelle épinière; il cesse aussitôt que ce dernier est détruit : preuve évidente que de pareils mouvements ne sauraient provenir d'un conflit entre les fibres sensitives et les fibres motrices des nerfs eux-mêmes, et que la moelle est réellement douée d'un pouvoir moteur involontaire.

La simple décapitation, avec soustraction du bulbe rachidien et abolition des mouvements respiratoires, ne doit donc pas non plus empêcher les quatre membres de se mouvoir isolément ou simultanément, chaque fois qu'une irritation suffisante impressionne l'enveloppe cutanée. En effet, dans la première période de l'empoisonnement par le chlorhydrate de strychnine, même chez des mammifères, j'ai pu souvent constater que, si le plus léger attouchement de leur surface tégumentaire occasionne des secousses convulsives, celles-ci n'offrent pas une moindre intensité après la décapitation, tandis qu'elles se suppriment instantanément par la destruction de la moelle spinale.

Ainsi, nous voyons le système musculaire de la vie de relation accomplir des mouvements généraux ou partiels sous l'influence d'une force autre que la volonté, puisque l'encéphale, sans lequel un acte volontaire quelconque ne saurait se produire, peut être détruit sans que les mouvements précédents cessent d'avoir lieu.

Ajoutons que, quand bien même l'encéphale existe, et, avec lui, la volonté, des mouvements réflexes peuvent survenir nécessairement, c'est-à-dire en dépit de la résistance volontaire que l'individu oppose à leur manifestation. Tels sont, parmi les effets réflexes de la catégorie dont nous nous occupons, ceux qui suivent :

Après l'immersion prolongée dans un bain froid, surviennent un claquement des dents, un tremblement général que la volonté est inhabile à maîtriser. Celle-ci ne peut davantage empêcher le mouvement spasmodique de la glotte, quand une goutte de liquide ou une parcelle d'aliment tombe dans le vestibule sus-glottique; la toux, quand la muqueuse respiratoire est vivement stimulée par une cause quelconque; l'éternument, après l'excitation directe de la membrane pituitaire. La volonté ne saurait non plus, au delà d'un certain laps de temps, retarder ni les mouvements respiratoires, ni le clignement, qu'il soit dû à l'action d'une lumière trop intense sur la rétine ou d'un excitant quelconque (l'air, les larmes, etc.) sur la conjonctive; ni la contraction des muscles du périnée, lorsque, dans le coït, l'excitation voluptueuse des nerfs du pénis a atteint un certain degré. Que peut encore la volonté sur les spasmes et le tremblement qui s'emparent d'un membre après une brûlure, après l'application d'un moxa; sur le tétanos qui succède à la

lésion d'un nerf cérébro-rachidien; sur les convulsions dues à l'odontalgie, à l'évulsion d'une dent, à la présence d'un névrôme; sur les secousses convulsives, que précède l'*aura epileptica* ressentie dans tel ou tel membre; sur le vomissement provoqué par la stimulation des muqueuses de l'estomac, de l'œsophage, du pharynx, des piliers du voile du palais, de la base de la langue, muqueuses qui toutes doivent leur sensibilité à la présence de nerfs cérébro-rachidiens? Les mouvements de la respiration ne persistent-ils pas avec une grande régularité durant le sommeil, aussi bien que l'action d'avaler la salive ou d'autres liquides? Et n'observe-t-on pas encore ces mêmes phénomènes chez les apoplectiques ou chez les animaux auxquels on a enlevé l'encéphale en respectant le bulbe rachidien, centre réflectif sans lequel ni la respiration, ni la déglutition ne sauraient plus s'accomplir? Chacun a pu éprouver tout ce qu'exige d'attention la résistance qu'on oppose à la déglutition d'un bol alimentaire qui a séjourné pendant longtemps dans la bouche, et qui y a été soumis à une suffisante mastication; souvent alors la déglutition, phénomène réflexe, s'accomplit malgré nous et au moment où nous nous y attendons le moins. Si l'on opère l'acte de la déglutition plusieurs fois de suite volontairement, et qu'on n'avale que de la salive, bientôt cet acte ne peut plus être répété immédiatement. En effet, tout phénomène réflexe a besoin pour se produire d'un stimulus agissant d'abord sur un nerf sensitif; et la salive agit comme tel dans le premier, le second et le troisième mouvement de déglutition : mais, dans un quatrième mouvement, promptement essayé, le stimulus manque, et tous les efforts de la volonté sont impuissants à accomplir l'acte de la déglutition, jusqu'à ce que la salive soit de nouveau sécrétée.

2° *Mouvements réflexes des muscles de la vie animale, succédant à l'irritation des fibres sensitives du grand sympathique.* — Les impressions vives, émanées des organes auxquels se distribue le grand symphatique, peuvent, en se propageant à l'encéphale ou à la moelle, donner lieu à la réaction des muscles animés par des nerfs céphalo-rachidiens : c'est ainsi que les irritations du canal intestinal, chez les enfants, déterminent des convulsions; que l'éclampsie suit de près quelquefois les premières douleurs de l'accouchement (1); que parfois les convulsions hystériques sont annoncées par des douleurs intolérables de l'utérus, des ovaires, de la région solaire, etc. On peut citer également les spasmes des muscles respirateurs qui accompagnent le vomissement, quand celui-ci est provoqué par des irritations du canal intestinal, des reins, de l'utérus, etc.

J. Müller, en pinçant le grand nerf splanchnique, qui se distribue au canal intestinal après avoir traversé le ganglion semi-lunaire, dit avoir vu, sur des lapins, que les muscles abdominaux du même côté éprouvaient des contractions. Jusqu'à présent, cette expérience ne m'a point réussi. Chez des grenouilles *décapitées*, Volkmann (2), après avoir irrité le tube intestinal, a observé des mouvements réflexes très prononcés dans le tronc, mouvements que la destruction de la moelle rendait aussitôt impossibles.

3° *Mouvements réflexes des muscles de la vie organique, succédant à l'irritation des nerfs sensitifs céphalo-rachidiens.* — Des impressions transmises à l'axe cérébro-spinal par des nerfs de la vie de relation peuvent, en excitant d'abord celui-ci, provoquer une réaction motrice dans des organes animés par le grand

(1) Je n'ai trouvé dans l'utérus que des filets du grand sympathique. (Voy. mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. II, p. 550.)

(2) *Ueber Reflexbewegungen* : Sur les mouvements réflexes. Dans MULLER'S *Arch.* 1838.

sympathique. Une sensation vive et douloureuse à la peau (même après la section de la 8ᵉ paire) fait battre le cœur avec violence par l'entremise des seuls filets cardiaques sympathiques. L'impression que le nerf optique transmet à l'encéphale est suivie de mouvements dans l'ouverture pupillaire (1). Ces mêmes mouvements s'observent aussi quand on aspire de l'eau froide par les fosses nasales. La contraction des vésicules séminales succède à l'excitation des nerfs du pénis. Celle du *corps* de la vessie (2) s'observe à la suite de la stimulation de la muqueuse de ce réservoir par l'accumulation de l'urine.

Chez une tortue de mer, dont les cœurs lymphatiques avaient été mis à nu, les viscères enlevés et le tronc partagé transversalement en deux parties, J. Müller (3) parvint à produire une contraction instantanée des cœurs d'un côté, qui étaient depuis longtemps inertes, en pinçant la patte de derrière ou en stimulant la peau avec la pointe d'un instrument aigu.

4° *Mouvements réflexes des muscles de la vie organique, succédant à l'irritation des fibres sensitives du grand sympathique.* — Le phénomène de réflexion paraît s'opérer plus difficilement, et surtout plus rarement, des filets sensitifs du grand sympathique à l'axe cérébro-spinal, puis de celui-ci aux filets moteurs du grand sympathique lui-même, que des nerfs sensitifs céphalo-rachidiens à l'axe cérébro-spinal, et de celui-ci aux nerfs moteurs du même ordre.

On peut citer néanmoins les cas suivants comme exemples d'effets réflexes opérés par l'axe cérébro-spinal et le nerf grand sympathique, à l'exclusion des nerfs cérébro-spinaux proprement dits. Dans divers états morbides des intestins, la pupille change de diamètre : sa dilatation, par exemple, accompagne les affections vermineuses, et cesse avec elles. Dans les phlegmasies du tube intestinal, des reins, de l'utérus, des ovaires, etc., les battements du cœur se modifient (4). Chez les grenouilles décapitées, quand la moelle épinière existe encore, le pincement des intestins, d'après Volkmann, provoque des contractions étendues de ce canal, tandis qu'après la destruction de la moelle, la réaction demeure limitée au lieu de l'irritation, et devient toute locale.

Dans nos propres expériences, nous avons pu reconnaître qu'il est facile, en variant l'intensité de l'impression, de donner lieu à des mouvements réflexes plus ou moins étendus. Chez une grenouille décapitée, par exemple, vient-on à stimuler légèrement les téguments d'un membre abdominal, celui-ci entre seul en contraction ; le stimulus, appliqué au même point, est-il plus énergique, les deux membres abdominaux se contractent ; enfin, quoique limitée à la même place, l'excitation extérieure est-elle encore plus vive, les quatre membres s'agitent simultanément.

Il resterait à présenter et à discuter les théories des mouvements réflexes ; mais, à cet égard, je préfère renvoyer le lecteur à la partie de la physiologie du système nerveux où ce sujet sera repris.

(1) Les ramuscules moteurs de l'iris émergent du ganglion ciliaire, dépendance du grand sympathique : on sait que le nerf moteur oculaire commun fournit la racine motrice de ce ganglion.

(2) La contraction involontaire *du corps* de la vessie est influencée par la moelle à l'aide de filets du grand sympathique, tandis que les filets vésicaux cérébro-rachidiens sont seulement en rapport avec la sensation du besoin d'uriner et la dilatation volontaire du *col* vésical.

(3) *Manuel de physiol.*, trad. de Jourdan, t. I, p. 935.

(4) Nous avons déjà fait observer que, malgré la section de la huitième paire, le cœur bat avec violence par l'entremise des seuls filets cardiaques sympathiques, dans le cas, par exemple, d'une sensation vive et douloureuse à la peau. Il est donc bien permis d'admettre l'influence de ces mêmes filets sur les contractions cardiaques dans les cas qui viennent d'être cités.

VII. Les *mouvements associés* présentent ce caractère, que l'impulsion à un mouvement volontaire détermine simultanément un mouvement involontaire. A chaque instant, dans les divers actes de la vie, on rencontre ces sortes de mouvements, qui ne sont pas absolument constants dans leur manifestation et sur lesquels l'éducation a un très grand empire. Mais s'il est, en effet, incontestable que l'habitude nous apprend à isoler certains mouvements, il est aussi manifeste que d'autres conservent, en dépit des efforts de la volonté, leur caractère d'association. On parvient, à force d'exercice, à contracter isolément l'un des muscles orbiculaires des paupières, et il est tout à fait impossible d'agir ainsi à l'égard de l'un des muscles adducteurs de l'œil : les deux muscles droits internes se contractent nécessairement ensemble, de même que l'adducteur du côté gauche entraîne dans sa contraction l'abducteur droit, que l'adducteur de ce dernier côté entraîne dans son action l'abducteur du côté gauche. On sait qu'il est absolument impossible de porter les deux yeux, à la fois, en dehors; de même encore ils ne se portent jamais l'un en haut, l'autre en bas, mais tous les deux se dirigent à la fois ou en haut ou en bas. Si l'on réfléchit au mode d'innervation des muscles de l'œil, on voit que les branches homonymes des nerfs moteurs oculaires communs font exécuter aux muscles qu'ils animent des mouvements associés.

Un exemple remarquable de mouvements associés existe encore entre l'iris et certains muscles du globe oculaire : nous ne saurions tourner l'œil en dedans, au moyen du droit interne, ou en dedans et en haut, par l'action de l'oblique inférieur, sans que l'ouverture pupillaire se rétrécisse; ce qui démontre que, la volonté se dirigeant sur le nerf moteur oculaire commun, et notamment sur celles de ses fibres primitives, destinées aux muscles droit interne et oblique inférieur, une partie du principe nerveux influence nécessairement aussi les fibres du même nerf qui constituent la racine courte ou motrice du ganglion ophthalmique. Nous ne pouvons pas davantage faire agir isolément, d'un seul côté, les muscles intercostaux internes et externes, les muscles qui abaissent ou élèvent l'os hyoïde, ceux du larynx, du bas-ventre, du périnée, etc. Les nerfs et les muscles des membres droit et gauche, quoique n'étant pas aussi invinciblement associés dans leur action, ne sont pourtant pas tout à fait indépendants; car on sait quelle grande difficulté on éprouve à exécuter, soit avec les bras, soit avec les jambes, des mouvements rotatoires opposés autour d'un axe transversal commun, tandis que les mouvements similaires s'exécutent très facilement avec deux membres à la fois. Mais, par exemple, nous sommes tout à fait inhabiles, par notre volonté, à déranger l'association et la coordination des muscles si nombreux qui, sans relation directe apparente, concourent à la production de certains mouvements dérivés de ceux de la respiration, comme le vomissement, l'éternument, la toux et les efforts qui accompagnent la parturition ou l'expulsion des urines et des fèces : c'est là, en effet, un groupe de mouvements qui s'accomplissent fatalement et toujours de la même manière, qui ne dépendent ni de l'exercice ni de l'habitude, et qui, par conséquent, résultent d'une cause organique dominatrice ayant son siége exclusif dans les centres nerveux.

Ce n'est pas seulement dans les muscles de la vie animale que l'on rencontre des mouvements associés, on les trouve également dans les muscles de la vie organique. Les contractions des muscles volontaires ne sont peut-être pas sans influence sur la contraction du canal intestinal; moins nous prenons d'exercice, plus ce canal est exposé à tomber dans un état de torpeur.

VIII. Les mouvements *qui dépendent de l'état de l'âme* ont été divisés par J. Müller en trois classes : les mouvements qui succèdent à des idées, ceux qui sont provoqués par des passions, et les mouvements volontaires.

Les états de l'âme peuvent mettre en jeu la contraction des muscles respiratoires, et déterminer les divers mouvements qu'entraîne la combinaison variée de ces muscles contractés. C'est ainsi qu'une succession rapide d'idées, comme celles qui nous viennent à l'esprit lorsque nous sommes un objet de ridicule, provoque une contraction dans les muscles de la face et de la respiration. L'idée d'un objet effroyable ou horrible détermine quelquefois le mouvement du frisson; l'idée d'une saveur répugnante donne lieu parfois à des vomituritions, etc.

Je n'insisterai pas sur les nombreux mouvements qui sont provoqués par les passions : chacun sait ce que produisent sur les divers individus, la joie, la douleur, la colère, la rage, l'anxiété, la peur ou l'effroi. On peut diviser les passions, sous le point de vue des influences qu'elles exercent sur le système locomoteur, en deux ordres : les unes sont excitantes, les autres sont déprimantes. On saute de colère ou de joie ; on tremble de peur, etc. Mais ce qu'il y a de remarquable, c'est que les passions produisent surtout des mouvements dans les muscles de la face, et que l'expression des traits du visage reflète fidèlement l'état de notre âme, lorsqu'une longue habitude et une observation attentive n'ont pas encore permis à l'homme d'acquérir cette faculté qui lui permet de s'opposer à la contraction de tel groupe de muscles, ou d'en forcer un groupe différent à se contracter.

Quant aux *mouvements volontaires* qui succèdent à un état déterminé de l'âme, il y a trois phénomènes essentiellement distincts à y signaler : la volition de ces mouvements, la coordination des diverses parties qui concourent à ces mouvements et leur excitation directe. La volition des contractions locomotrices émane exclusivement des lobes cérébraux, leur coordination du cervelet (Flourens), leur excitation de la moelle épinière et de ses nerfs.

Nul mouvement ne dérive directement de la volonté : si la volonté peut régler la vitesse et l'énergie de certains mouvements, en déterminer le but, elle n'en est que la cause éloignée et non la cause directe. En effet, examine-t-on le rapport mutuel de la volonté, comme cause, et du mouvement musculaire, comme effet, on découvre aisément que ce rapport n'est pas immédiat, mais qu'un acte, dont nous n'avons pas conscience, se passe entre l'un et l'autre phénomène ; aussi ne suffit-il pas qu'un mouvement soit voulu pour être exécuté, comme le prouve l'exemple des paralytiques. La volonté donne l'impulsion déterminante ; mais la contraction des muscles, qui est indispensable pour produire le mouvement, s'exécute à l'insu d'elle, et doit son origine à un tout autre principe, à une autre force qui, comme l'admettait déjà Lorry (1), semble émaner spécialement de la protubérance, de même que, d'après Flourens, le principe coordinateur de l'action des divers muscles a sa source dans le cervelet. Aussi l'irritation artificielle de la protubérance met-elle immédiatement en jeu la contractilité musculaire, tandis que celle des lobes cérébraux, où réside la volonté, n'est suivie d'aucun effet analogue.

Mais, si réellement la protubérance représente le foyer primordial du principe des mouvements de locomotion, on verra néanmoins, par la suite, que la moelle

(1) *Mém. de l'Acad. des sciences. Rec. des savants étrangers*, 1760, t. III, p. 373.

épinière est aussi une source d'innervation, et qu'elle ne constitue point, par conséquent, seulement un appareil de transmission et de décharge pour la force motrice émanée de la protubérance.

Nous ne voulons point examiner, en ce moment, s'il est permis de soutenir, avec certains physiologistes, qu'après l'ablation de ses lobes cérébraux, l'animal puisse encore se mouvoir volontairement ; que les tubercules quadrijumeaux et le cerveau proprement dit coordonnent aussi certains mouvements, comme le cervelet ; que les couches optiques tiennent sous leur dépendance les contractions volontaires des membres thoraciques, et les corps striés celles des membres abdominaux, etc. ; toutes ces questions se présenteront dans l'étude détaillée des fonctions de chaque dépendance de l'encéphale en particulier.

Je crois devoir mentionner ici une classe particulière de mouvements musculaires sur lesquels Chevreul (1) a appelé l'attention, et je rapporterai tout d'abord l'expérience fondamentale qui a servi de point de départ à ses observations : Un pendule, composé d'un anneau de fer suspendu à un fil de chanvre, est saisi de la main droite et placé au-dessus du mercure d'une cuve pneumatique ; cet instrument exécute alors des oscillations, quoique le bras reste immobile. Si l'on place un corps entre le mercure et le pendule, les oscillations cessent ; elles recommencent quand le corps intermédiaire est retiré. Pour savoir si ces oscillations du pendule sont étrangères à tout mouvement musculaire, Chevreul appuie le bras, qui tient le pendule, sur un support de bois qu'il fait avancer à volonté du coude à la main. Le mouvement du pendule décroît alors, et d'autant plus que le support s'approche davantage de la main ; il cesse même lorsque les doigts qui tiennent le fil sont eux-mêmes appuyés.

En répétant l'expérience, dans le but de chercher de nouveau la cause des oscillations du pendule, Chevreul sent très bien qu'en même temps que ses yeux suivent le pendule qui oscille, il y a en lui une disposition ou *tendance au mouvement* qui, tout involontaire, est d'autant plus satisfaite que le pendule décrit des arcs d'oscillation plus grands. Un bandeau est alors placé devant les yeux de l'expérimentateur ; les oscillations du pendule s'arrêtent, et l'interposition d'un corps entre le pendule et le mercure n'exerce plus la moindre influence sur les oscillations.

Chevreul interprète les phénomènes précédents de la manière suivante : En tenant le pendule à la main, un mouvement musculaire du bras, quoique insensible pour l'auteur de l'expérience, fait sortir le pendule de l'état de repos ; les oscillations, une fois commencées, sont augmentées par l'influence de la vue pour mettre l'expérimentateur dans un état particulier de *disposition ou de tendance au mouvement.* Le mouvement musculaire, alors même qu'il s'est accru par cette disposition au mouvement, est néanmoins assez faible pour s'arrêter lorsqu'on a simplement la *pensée d'essayer si tel moyen l'arrêtera.* Il existe donc une liaison entre l'exécution de certains mouvements et l'acte de la pensée qui y est relative, quoique cette pensée ne soit point encore la volonté qui commande aux organes musculaires.

Chevreul cite plusieurs exemples de tendance au mouvement, déterminée en nous par la vue d'un corps en mouvement :

Lorsque l'attention est entièrement fixée sur un oiseau qui vole, sur une pierre

(1) *Archives de médecine*, 2e série, 1833, t. II, p. 130.

qui fend l'air, sur de l'eau qui coule, etc., le corps du spectateur se dirige d'une manière plus ou moins prononcée vers la ligne du mouvement.

Quand un joueur de boule ou de billard suit de l'œil le mobile auquel il a imprimé le mouvement, son corps se porte dans la direction qu'il voudrait voir suivre au mobile.

Si nous marchons sur un plan glissant, nous nous jetons avec promptitude du côté opposé à celui où notre corps est entraîné par suite d'une perte d'équilibre.

Une *tendance au mouvement* se manifeste alors même qu'il nous est impossible de nous mouvoir dans le sens de cette tendance. C'est ainsi qu'en voiture la peur de verser nous roidit dans la direction opposée à celle qui nous menace. Étant sur le sommet d'une montagne, si l'on vient à découvrir tout à coup la profondeur d'un abîme qu'on a au-dessous de soi, on se jette à l'instant même, et irrésistiblement, du côté opposé, poussé par l'instinct de conservation qui lutte contre une tendance au mouvement en sens contraire, déterminée par la vue de l'abîme.

IX. Dans ces derniers temps, Debrou (1) a étudié avec un soin digne d'éloge toute une classe de mouvements, les mouvements *involontaires* qui sont exécutés par des *muscles de la vie animale*. Il a divisé ces sortes de mouvements en deux classes. Dans l'une, se trouvent des mouvements dont l'exécution est invariable, identique, et indépendante des circonstances, de l'éducation, de l'habitude et de l'exercice : tels sont le bâillement, l'éternument, le vomissement, l'expectoration, etc. Dans l'autre, figurent des mouvements qui sont involontaires d'une manière moins invariable, comme ceux à l'aide desquels nous protégeons spontanément et instinctivement notre corps ou ses diverses parties contre des dangers qui nous menacent tout à coup.

Chacune de ces deux classes offre à considérer un certain nombre de variétés.

Parmi les mouvements dont l'exécution est invariablement la même se rencontrent :

1re *Variété. Mouvements associés des muscles congénères.* — Il y a des muscles congénères qui, à l'état ordinaire et hors le cas d'hémiplégie, se contractent toujours ensemble : tels sont les muscles des deux moitiés du voile du palais, du pharynx, du larynx, du périnée ; les muscles abaisseurs de l'os hyoïde d'une part, les élévateurs de l'autre ; les muscles élévateurs des deux yeux, leurs abaisseurs ; les intercostaux externes et internes des deux moitiés du thorax. C'est une loi de notre économie que leur contraction ne saurait être isolée.

2e *Variété. Mouvements associés des muscles antagonistes.* — A ce groupe se rattachent, par exemple, les muscles droits externes et internes des deux yeux. Le droit externe d'un côté se contracte toujours en même temps que son antagoniste du côté opposé, c'est-à-dire le droit interne, et *vice versâ*. La volonté est impuissante pour détruire cette association de mouvements.

3e *Variété. Mouvements pour la succion, la déglutition, pour l'action d'uriner, de vider l'intestin, etc.* — Tous ces mouvements ont cela de commun, qu'une fois que nous avons résolu de les accomplir, ils s'exécutent par le concours d'une série de muscles sur la coordination desquels la volonté n'a aucune influence. Ils s'accomplissent toujours d'une manière identique ; ils ne dépendent ni de l'exercice ni de l'habitude.

(1) *Mémoire sur les mouvements involontaires qui sont exécutés par les muscles de la vie animale.* Dans *Archives de médecine*, 4e série, t. XV.

4e *Variété. Mouvements respiratoires.* — On peut les diviser en deux séries, suivant qu'ils se rapportent à l'état de la respiration libre et ordinaire, ou à la respiration gênée et difficile. Dans le premier cas, la volonté a sur eux un plus grand empire que dans le second. Ces mouvements sont caractérisés par un certain rhythme.

5e *Variété. Mouvements sympathiques.* — Ce sont ceux auxquels concourent un grand nombre de muscles, et qui se manifestent le plus souvent à la suite d'une excitation ou d'une irritation portée sur un point spécial. Exemple : les mouvements du vomissement, de l'éternument, de la toux, etc. Ils présentent un caractère d'association que la volonté est impuissante à déranger.

6e *Variété. Mouvements expressifs.* — Ceux-ci offrent dans leur exécution un caractère particulier de coordination, indépendant de la volonté. Ils naissent spontanément à la suite d'une impression morale, et s'accomplissent sans le concours de la volonté.

Les mouvements expressifs peuvent s'étendre à la totalité du système musculaire de la vie animale, ainsi qu'on le voit dans les fortes émotions morales.

Parmi les mouvements involontaires, mais qui présentent ce caractère d'une manière moins invariable, se trouvent :

1re *Variété. Mouvements volontaires ou involontaires par suite d'habitudes.* — Les muscles crémaster, interne du marteau, palpébral, dont la contraction est, en général, en dehors de l'influence de la volonté, peuvent se contracter volontairement par le fait de l'exercice.

2e *Variété. Mouvements involontaires que l'on exécute pour fuir un danger.* — Les paupières se ferment involontairement, quand on craint d'être blessé par un corps étranger qui, pourtant, ne touche point l'œil.

3e *Variété. Mouvements involontaires d'imitation.* — Ce sont ceux que l'on exécute quand on voit un individu qui va tomber, lorsqu'on assiste à un assaut.

4e *Variété. Mouvements involontaires par simple habitude.* — Ce sont les gestes que l'on fait en parlant, etc.

Telle est la division proposée par Debrou. Si l'on y ajoute les mouvements volontaires et les mouvements involontaires proprement dits, on aura une classification qui paraîtra plus simple que celle de J. Müller.

Il resterait actuellement à déterminer si l'anatomie ou les lois aujourd'hui connues sur les fonctions du système nerveux peuvent expliquer comment les mêmes muscles agissent tantôt sous l'empire de la volonté, tantôt hors de son influence.

On a proposé deux théories pour les mouvements dits *sympathiques :* la théorie des ganglions et des anastomoses, et la théorie de l'action réflexe de la moelle.

Relativement à la première, les arguments anatomiques et physiologiques les plus péremptoires obligent à la rejeter complétement.

Quant à la seconde, c'est-à-dire la théorie de l'action réflexe, on y admet qu'une irritation ayant été transmise jusqu'à la moelle, celle-ci réagit et détermine, au moyen de ses nerfs propres, un mouvement brusque, soudain, automatique, dans certains muscles volontaires. Cette théorie rend compte d'une foule de mouvements involontaires, tels que l'occlusion des paupières à la suite d'une vive lumière qui frappe le fond de l'œil, le vomissement lorsque l'iris est blessé dans l'opération de la cataracte, etc. Mais, d'après la judicieuse remarque de Debrou, elle n'ex-

plique pas toutes les particularités de quelques uns de ces mouvements. Ainsi, elle ne nous en fait pas connaître deux circonstances : d'une part, l'*association coordonnée* des agents musculaires qui exécutent le mouvement, et d'autre part, l'espèce *de choix* ou de détermination dans le mouvement produit.

J'emprunte au mémoire de l'auteur quelques exemples propres à mieux faire ressortir la valeur des remarques précédentes :

On éternue lorsque la pituitaire est irritée, et l'on vomit quand les piliers du voile du palais sont stimulés. Or, pourquoi l'action réflexe se traduit-elle dans un cas par l'éternument et dans l'autre par le vomissement? Pourquoi toujours telle association de mouvements après telle irritation ?

J. Müller a essayé de résoudre ces difficultés, en admettant que les mouvements produits après une excitation sont exécutés par les nerfs dont l'origine à la moelle est voisine de celle des nerfs sensitifs qui ont apporté l'excitation. Cette hypothèse est assurément ingénieuse ; mais Debrou lui objecte que, si elle rend compte de plusieurs mouvements réflexes, elle n'explique pas, par exemple, le vomissement qui survient dans une opération de cataracte. En admettant qu'alors un nerf ciliaire soit blessé, peut-on dire que ce nerf aboutit à la moelle dans un point d'où naissent les nerfs nombreux et variés qui animent les muscles employés dans le vomissement ?

Dans le but de répondre à ces objections, Debrou a proposé une théorie nouvelle des mouvements sympathiques. Il admet que ces mouvements ont un centre d'association et de coordination semblable à celui qui existe pour les mouvements respiratoires, et ce centre, il le place dans la moelle épinière ; puis, comme pour montrer toutes les difficultés attachées à la solution de pareilles questions, l'auteur adresse à sa propre théorie cette objection : En admettant que la moelle épinière agit comme centre des mouvements sympathiques qu'elle coordonne et produit à la suite d'une excitation transmise par un nerf, sans que l'espèce de nerf excité soit pour quelque chose dans la coordination et la détermination du mouvement, on est toujours porté à se demander pourquoi tel mouvement suit nécessairement telle irritation du nerf. Il y a, en effet, ici une lacune à remplir, un point important à élucider; car, évidemment, aucune des théories précédentes ne saurait rendre un compte suffisant de *tous* les faits qui se rattachent aux mouvements dus à l'action réflexe.

De l'effort en général.

L'effort consiste dans une contraction musculaire très intense, effectuée dans le but de surmonter une résistance extérieure ou d'accomplir une fonction qui est naturellement laborieuse ou qui l'est devenue accidentellement.

L'action de lever un fardeau, de pousser un corps pesant dans l'espace, de l'attirer à soi ou de le repousser; l'action d'écraser une substance dure, de la rompre, sont des efforts. On fait encore un effort quand on chante, qu'on crie, qu'on saute ou qu'on court. L'excrétion des matières fécales ne s'opère très souvent qu'au moyen de la contraction énergique du diaphragme, des muscles de l'abdomen et de ceux du périnée. Il en est de même de l'accouchement qui exige des efforts encore bien plus intenses et plus répétés.

L'étude de l'effort, dans chacun de ces actes, ne doit point être faite ici : elle se trouve exposée dans l'examen de chaque fonction en particulier.

Toutefois, il est des actes qui ne nécessitent point d'efforts dans l'état habituel

de la vie, et qui ne sauraient s'accomplir, au milieu de conditions déterminées, qu'à l'aide de pénibles contractions musculaires. Telle est la respiration, si calme dans l'état de santé, et qui, chez les moribonds, devient difficile. Qu'un obstacle obstrue momentanément les voies aériennes, et les muscles expirateurs se contractent avec une énergie singulière : c'est ainsi que parfois des efforts de toux très violents sont rendus nécessaires.

Un des traits les plus caractéristiques de l'effort est la contraction simultanée d'un très grand nombre de muscles. La synergie de ces derniers est, en effet, indispensable pour fixer les points d'attache sur les leviers du squelette. Souvent les brisures naturelles affectent une certaine disposition, en sorte que le corps entier présente une attitude particulière. Voyez l'athlète qui cherche à vaincre un obstacle, à s'élancer du sol à une certaine hauteur : ses membres s'infléchissent les uns sur les autres d'une manière alternative, sa tête s'incline dans tel ou tel sens. Ici l'effort est *volontaire*. Quand les douleurs de l'enfantement se confondent avec les contractions utérines et celles des muscles abdominaux, il n'en est plus de même. Dans le vomissement, la contraction a lieu encore d'une manière nécessaire, sans doute sous l'influence *de l'action nerveuse réflexe*. Voilà pourquoi on a admis des efforts *involontaires* pour les distinguer de ceux qui sont commandés par la volonté dans un but déterminé.

Quel qu'il soit, l'effort est précédé de la contraction de tous les muscles inspirateurs. L'air atmosphérique pénètre immédiatement par les canaux aériens dans les cellules pulmonaires qui se déploient, en même temps que le poumon entier glisse de haut en bas sur la face interne des parois costales. Celles-ci, par un mouvement inverse, s'élèvent et aussitôt les muscles constricteurs de la glotte ferment cet orifice à l'aide d'une contraction brusque. L'expiration, qui aurait dû se faire, est empêchée, et les gaz enfermés dans les voies aériennes sont retenus dans toutes les parties sous-glottiques. En même temps que cette occlusion de la glotte s'est opérée, les muscles expirateurs se sont énergiquement contractés : de là une tendance au resserrement de la cavité thoracique, et par conséquent la compression des gaz emprisonnés. Or, on sait que les gaz contenus dans des vaisseaux clos acquièrent une force élastique qui va croissant comme le carré des forces qui les compriment. Ceux qui sont dans les bronches et les cellules pulmonaires réagissent donc de dedans en dehors sur la paroi qui les comprime et que poussent de dehors en dedans les muscles expirateurs. Entre ces deux forces qui, à un moment donné, se font équilibre, le squelette de la poitrine se trouve fixé. Les muscles qui en partent peuvent donc, ceux qui sont droits, mouvoir les leviers, ceux qui sont courbes, comme le diaphragme, se redresser et diminuer la capacité des cavités naturelles. En un mot, la poitrine est le centre sur lequel se fixent les puissances musculaires : c'est dans l'immobilité de ses parois que se résume la partie fondamentale de l'effort. Mais si, un instant, il leur manque le point d'appui, c'est-à-dire la réaction élastique des gaz inclus dans les poumons, les bronches et la trachée, aussitôt l'équilibre est détruit et l'effort cesse. C'est ce qui a lieu quand une ouverture suffisante s'offre à ces gaz. Le plus souvent c'est la glotte qui s'entr'ouvre par suite du relâchement momentané des muscles constricteurs. Les gaz qui s'échappent produisent par leurs vibrations comme un petit bruit à voix basse. Dans quelques cas où l'effort est très intense, il peut survenir une rupture soit des bronches, soit des cellules pulmonaires, soit, mais très rarement, de la

trachée, rupture qui permet une infiltration gazeuse dans le tissu cellulaire interlobulaire, dans le tissu cellulaire qui environne les bronches, dans celui du col. Cet emphysème a été plusieurs fois observé chez des individus qui avaient fait des efforts très grands pour soulever des poids énormes, mais bien plus fréquemment encore chez des femmes tourmentées par les douleurs de l'enfantement.

Il est bien certain que l'occlusion des voies aériennes a lieu dans le larynx par le rapprochement des cordes vocales. Plusieurs faits prouvent la justesse de cette proposition.

Quand on accomplit un effort intense et d'une certaine durée, on entend dans le larynx le petit bruit dont il a été parlé plus haut, et qui est dû au passage d'une certaine quantité de gaz. De plus, on a la conscience de la contraction des muscles constricteurs de la glotte pendant l'effort. Si l'on observe le larynx, on voit qu'il monte, phénomène facile à expliquer, car cet organe se continue avec la trachée dont les parois sont élastiques et se trouve au milieu d'un tissu cellulaire lâche qui en facilite les glissements. Or, la force élastique des gaz enfermés dans les voies aériennes réagit sur tous les points des parties qui les contiennent : elle doit donc pousser en haut le larynx.

L'inspection directe permet de constater que, pendant qu'un animal fait des efforts pour se dégager des étreintes qui le retiennent, les lèvres de la glotte se rapprochent et que cette ouverture se resserre : c'est ce que j'ai constaté chez des animaux sur lesquels, après avoir détaché l'os hyoïde de la base de la langue et saisi le cartilage thyroïde avec une érigne, j'avais porté le larynx en avant en conservant intacts les nerfs laryngés.

Quand une ouverture fistuleuse existe à la trachée-artère, les gaz s'en échappent en sifflant, pendant les efforts. De là, d'après Isid. Bourdon (1), l'impossibilité de vomir chez des chiens qui avaient préalablement pris de l'émétique ; ces animaux faisaient des efforts inutiles au milieu de la plus vive anxiété.

Toutefois, je ne saurais admettre que des animaux, ayant une ouverture artificielle de la trachée, soient complétement inhabiles à certains efforts, comme ceux de la course, du saut, etc. J'avais assez largement ouvert la trachée à des chiens sur lesquels je me proposais d'étudier le degré de tension des gaz expirés pendant les cris, en introduisant une canule recourbée dans le tube aérien, à la manière dont Poiseuille a étudié les pressions du sang sur les parois des vaisseaux. Ces mêmes animaux couraient et sautaient avec une étonnante agilité. Un cheval, sur lequel avait été pratiquée la trachéotomie et qu'il m'a été donné d'observer, portait une grosse canule dans la trachée ; néanmoins il faisait dans les rues de Paris un exercice fatigant et traînait des voitures pesamment chargées.

Il ne faudrait pourtant pas en conclure que la glotte ne se ferme pas pendant l'effort : on peut expliquer cet apparent démenti donné à la théorie démontrée par Isid. Bourdon (2) et J. Cloquet (3), théorie que l'on doit admettre. L'immobilité du squelette de la poitrine est due, avons-nous dit, à la force expansive des gaz équilibrée par la contraction des muscles expirateurs. Si cette contraction est brusque et énergique, si en même temps, la glotte étant fermée, une ouverture insuffisante laisse échapper les gaz, ou bien si la glotte elle-même, légèrement

(1) *Recherches sur le mécanisme de la respiration et sur la circulation du sang.* Paris, 1820.
(2) *Mém. cit.*
(3) *De l'influence de l'effort sur les organes renfermés dans la cavité thoracique.* Paris, 1820.

entr'ouverte, en fait l'office, ceux-ci s'échappent sans doute, mais en trop faible quantité pour que ceux qui restent dans les cellules pulmonaires ne soient pas comprimés de manière à acquérir une tension suffisante. L'effort est donc possible avec l'issue d'une certaine quantité de gaz dans un temps donné; car les muscles expirateurs ne portent pas à faux la paroi thoracique sur des gaz, lesquels ne peuvent s'échapper avec la même vitesse que la contraction s'opère.

S'il n'en était pas ainsi, comment moduler des sons, produire des cris, faire l'effort de la toux? Pour qu'un effort soit possible, il suffit que l'effet auquel tend la contraction des muscles expirateurs, c'est-à-dire l'issue des gaz, soit contrarié par un rétrécissement assez grand de l'ouverture naturelle ou accidentelle par laquelle ils s'échappent. J'ai pu constater sur les animaux la simultanéité d'efforts énergiques avec l'issue des gaz expirés au travers de la glotte *rétrécie*. J'avais détaché, comme je l'ai dit précédemment, le larynx de la base de la langue et renversé cet organe en avant vers la face antérieure du cou; j'avais successivement coupé l'épiglotte, les replis aryténo-épiglottiques et les cordes vocales supérieures, pour observer les inférieures. Toutes les fois que des pincements étaient pratiqués sur les membres ou que des tiraillements étaient exercés sur le nerf sciatique, l'animal se débattait vigoureusement sous la main des aides; il faisait, en un mot, des efforts évidents, et, pendant ce temps, les lèvres de la glotte se rapprochaient en laissant à l'air une fente étroite pour son passage. Il n'y avait pas occlusion complète.

Il serait donc aussi inexact de dire que, dans l'effort, la glotte est toujours fermée, que de prétendre qu'elle est toujours ouverte. Elle est fermée ou légèrement ouverte, selon la nature et le degré d'intensité de l'effort.

L'occlusion des voies aériennes est aussi, dans quelques cas, transportée plus haut que dans la glotte. J. Cloquet (1) a démontré que le voile du palais ne pouvait concourir à cette occlusion; car il a fait observer qu'on peut, pendant un effort, retenir dans la bouche une certaine quantité de fumée et la faire passer par les fosses nasales en comprimant les joues ou en resserrant les parois de la cavité buccale. C'est au niveau des narines et de l'ouverture antérieure de la bouche que l'occlusion peut être simultanément transportée. Quand on veut se moucher avec force, la contraction de l'orbiculaire des lèvres ferme la bouche, tandis qu'un pincement exercé par le pouce et l'index sur les ailes du nez adapte celles-ci sur la cloison. La pression excentrique des gaz comprimés par la contraction des muscles expirateurs se fait alors sur une plus grande étendue; elle retentit dans les canaux qui s'abouchent avec la partie supérieure des voies aériennes, la trompe d'Eustache et le canal nasal. Par la trompe d'Eustache, elle s'exerce dans l'oreille moyenne sur la membrane du tympan, qui, au dire de Boyer, pourrait se rompre. En tous cas, cette membrane devient plus convexe en dehors, plus tendue, et il en résulte une surdité momentanée. Cette surdité disparaît si l'on avale de la salive, afin d'exercer ainsi sur la trompe d'Eustache une sorte d'aspiration. Quand le tympan est perforé, le chirurgien utilise cet accident comme moyen de diagnostic. Pendant que le malade fait un effort pour se moucher, les gaz expirés s'échappent en sifflant par le conduit auditif externe, ou en formant comme un râle à grosses bulles, si la caisse et le conduit contiennent une certaine quantité de pus. Dans le

(1) *Mém. cit.*

canal lacrymo-nasal la tension des gaz peut donner lieu à l'emphysème dans les fractures des os voisins avec rupture de la muqueuse : on a même observé, à la suite d'un grand effort pour se moucher, la solution de continuité du sac et un emphysème consécutif. Ce dernier accident est bien plus facile encore après l'introduction de la canule dans le canal nasal selon le procédé de Dupuytren. Un malade, ainsi opéré par Blandin, revint le lendemain de l'opération à l'Hôtel-Dieu, les paupières insufflées, au point qu'il ne pouvait les écarter l'une de l'autre. Il avait fait la veille des efforts fréquents pour se moucher. Le même phénomène se manifeste dans les régions du nez, du front et de la joue, après la solution de continuité des parois des fosses nasales ou des sinus correspondants.

Tout effort est accompagné d'une tendance au resserrement des parois thoraciques et abdominales. Voilà pourquoi les matières contenues dans les réservoirs sont poussées vers les orifices naturels. Ainsi s'opère l'excrétion de l'urine et des matières fécales. Quelquefois des ruptures s'opèrent; mais, dans ces cas, des lésions avaient diminué le degré de consistance normale des tissus. C'est encore par le même mécanisme que s'effectuent des solutions de continuité dans les parois des poches anévrismales.

Les organes contenus dans la poitrine, ou bien plus souvent ceux de l'abdomen, comprimés dans tous les sens, s'échappent au travers de portions de parois trop faibles pour les contenir. Ce déplacement est encore favorisé par le surtout séreux qui rend leur surface lisse et par l'attitude particulière que prend le tronc dans quelques efforts. On s'explique ainsi la fréquence des hernies abdominales. Quand une partie de la paroi thoracique est devenue peu résistante à la suite d'une plaie ou d'un abcès, la force élastique des gaz renfermés dans les poumons pousse l'écorce pulmonaire en dehors, et il se forme ce qu'on appelle une hernie du poumon (1). Les développements que nous avons donnés à l'explication de l'action excentrique de ces gaz sur les parois rendent facile à comprendre comment les hernies pulmonaires doivent augmenter de volume pendant l'expiration et tous les efforts, et diminuer, au contraire, dans l'inspiration.

Pendant que les cellules pulmonaires se déploient et que les poumons sont comprimés, le sang dont ces organes sont remplis est nécessairement exprimé et refoulé dans les cavités droites et les cavités gauches du cœur par les veines et les artères pulmonaires. De là, une contraction tumultueuse des ventricules qui tendent à se débarrasser du sang qu'ils renferment. Il en résulte que, dans les premiers instants d'un effort, le sang est projeté, par des contractions fréquentes du cœur, de l'aorte vers les capillaires, et qu'en même temps le sang veineux stagne dans les cavités droites, dans les veines caves, et, en un mot, dans tout le système veineux. Les capillaires sont donc hypérémiés sous l'influence de cette double cause. Voilà pourquoi des congestions s'opèrent, des apoplexies peuvent se faire dans le cerveau; pourquoi la face devient rouge, turgide, la conjonctive ecchymosée, la sécrétion lacrymale abondante. Bientôt les cavités gauches ne recevant plus de sang, le pouls devient petit, irrégulier. On prétend même que, l'effort durant trop longtemps, la mort peut survenir par *asphyxie*, ce qui me paraît bien difficile à admettre, vu le besoin impérieux d'inspirer de l'air qui se fait sentir et la faculté que

(1) Consultez : J. Cloquet, *mém. cit.* — Morel-Lavallée, *Sur les hernies des poumons*. Dans *Mém. de la Soc. de chir. de Paris*, 1847. — Jarjavay, *De l'influence des efforts sur la production des maladies chirurgicales* (thèse d'agrégation). Paris, 1847.

chacun possède de mettre un terme à la contraction des muscles expirateurs. C'est seulement dans les efforts involontaires que l'accident pourrait avoir lieu, et encore ici les causes de mort sont si diverses, que le fait seul de l'effort en saurait bien difficilement être considéré comme l'agent immédiat. On a vu quelquefois la rupture des veines caves ou des parois des cavités droites du cœur avoir lieu à la suite de la stase du sang dans leur intérieur.

DE LA LOCOMOTION (1).

La *locomotion* est la fonction par laquelle un être animé déplace son corps et le transporte volontairement d'un lieu à un autre, soit à l'aide de la marche, de la course ou du saut, soit par le moyen du vol, de la reptation ou de la natation.

Les muscles sont les organes actifs, les vraies puissances de la locomotion. Ses organes passifs, chez les animaux vertébrés, sont les divers os du squelette reliés les uns aux autres par des articulations qui permettent l'exécution de mouvements angulaires très étendus dans certains sens et très limités dans d'autres.

Les relations des muscles avec les os, la configuration des surfaces articulaires en contact, et la disposition des trousseaux ligamenteux qui servent de moyens d'union aux différentes pièces osseuses, tels sont les éléments à l'aide desquels il est possible d'expliquer le mécanisme des attitudes que l'homme et les animaux supérieurs peuvent prendre, soit d'une manière passagère, soit d'une manière permanente, et celui des mouvements si variés qu'il leur est donné d'accomplir dans les divers genres de locomotion. Mais, avant de procéder à cette étude, il ne sera pas inutile de rappeler ici, en peu de mots, les principes élémentaires de mécanique, dont la connaissance est indispensable pour comprendre l'histoire de la locomotion.

Principes de mécanique applicables à l'étude de la locomotion.

On appelle *force*, en mécanique, une cause quelconque de mouvement. Ainsi un choc est une force ; l'expansion d'un gaz ou d'une vapeur est une force ; l'attraction exercée par un aimant sur un morceau de fer est une force ; le raccourcissement d'un muscle fixé par ses deux extrémités à deux os articulés peut leur imprimer un mouvement angulaire, c'est une force.

(1) Consultez : BORELLI, *De motu animalium*, la Haye, 1743, in-4. — FABRICE D'AQUAPENDENTE, *De gressu*, p. 332 ; *De volatu*, p. 372 ; *De natatu*, p. 377 ; *De reptatu*, p. 379. Dans *Op. omn. anat. et physiol.*, in-4. Leyde, 1738. — HUBER (de Genève), *Observ. sur le vol des oiseaux de proie*, in-4. Genève, 1784. — EMM. WEISS, *Sur le mouvement progressif de quelques reptiles*. Dans *Act. soc. helvet.*, t. III, p. 373-390. — BARTHEZ, *Nouvelle mécanique des mouvements de l'homme et des animaux*. Carcassonne, 1798, in-4. — COMPARETTI, *Dynamique animale des insectes* (en italien), in-8. Padoue, 1800. — RICHERAND. Dans *Mém. de la Soc. méd. d'émul.*, t. III, p. 161, an VIII. — FUSS. Dans *Nov. act. Soc. sc. Petrop.*, XV, 1806. — SILBERSCHLAG. Dans *Schriften der Berl. Gesellsch. naturf. Freunde*, 1784, t. III. — HORNER, dans GEHLER, *Physik. Wœrterbuch*, t. IV, p. 477. — TREVIRANUS. Dans *Zeitschrift für Physiol.*, t. IV, p. 87. — ROULIN, *Rech. théoriques et expérim. sur le mécanisme des mouvements et des attitudes de l'homme*. Dans *Journ. de physiol. expérim.*, t. Ier, p. 209, 301 ; t. II, p. 45, 156, 283. Même *Rec.*, t. VI, p. 14. — CHABRIER, *Mém. sur les mouvements progressifs de l'homme et des animaux*. Dans *Journ. des progrès des sc. méd.*, t. X, XI, XII. — Le même, *Essai sur le vol des insectes*. Dans *Mém. du muséum d'hist. nat.*, t. VI, VII, VIII. — GERDY. *Sur le mécanisme de la marche de l'homme*. Dans *Journ. de physiol. expérim.*, 1829, t. IX, p. 1. — Le même, *Physiol. médic.*, t. 1, 2e part. Paris, 1832. — E. et WILH. WEBER, *Mechanik der menschlichen*, etc. Gœttingue, 1836. — Les mêmes, *Traité de la mécanique des organes de la locomotion*, trad. par Jourdan, avec atlas. Paris, 1843. — MAISSIAT, *Études de physique animale*, avec trois pl. et une tab., in-4. Paris, 1843.

Deux forces sont dites *égales* quand, agissant en sens inverse l'une de l'autre sur un même point parfaitement libre, elles se font équilibre. Par suite, une force double, triple, etc., d'une autre, sera une force provenant de la réunion de deux, trois, etc., forces égales à celle-ci.

On appelle *résultante* toute force unique capable de produire, sur un corps, un effet d'égale intensité et de même direction qu'un système de forces qui actuellement le sollicitent en même temps. Celles-ci sont dites les *composantes* de la force unique ou résultante qui peut les remplacer.

Il y a *équilibre*, toutes les fois que l'effet final d'un système de forces appliquées à un corps est nul. Si le corps est libre, une quelconque de ces forces est égale et directement opposée à la *résultante* de toutes les autres. Si, au contraire, le corps est appliqué sur un point, une ligne ou une surface fixes, il faut, pour qu'il y ait équilibre, que la *résultante* de toutes les forces passe par le point, la ligne ou la surface; et, dans le cas de la ligne ou de la surface fixe, il est nécessaire, en outre, que la direction de la résultante leur soit perpendiculaire, sans quoi il y aurait glissement possible le long de cette ligne ou de cette surface.

Le *centre de gravité* d'un corps est le point d'application de la résultante de toutes les actions de la pesanteur sur chacune des molécules de ce corps. Tout corps soutenu par son centre de gravité est nécessairement en équilibre. Un corps pesant, reposant sur une ligne ou une surface, est en équilibre quand la verticale, passant par son centre de gravité, tombe perpendiculairement sur *sa base de sustentation*, c'est-à-dire sur la partie de ligne ou de surface comprise entre les points sur lesquels il repose.

Un corps pesant est en *équilibre stable* sur sa base de sustentation, quand il est placé de telle façon que tout faible déplacement qui lui est communiqué soulève nécessairement son centre de gravité. En effet, le centre de gravité tendant toujours à gagner la position la plus déclive, le corps déplacé reviendra, par une série d'oscillations, à sa situation primitive.

Quand, au contraire, un faible déplacement communiqué à un corps sur sa base de sustentation abaisse son centre de gravité, ce corps est en équilibre *instable* ou *instantané*. Par suite, en effet, de la tendance du centre de gravité vers une position plus déclive, le corps une fois déplacé continuera à se mouvoir jusqu'à ce que le centre de gravité soit le plus bas possible, et ne reviendra pas à sa position primitive.

Un *levier* est une ligne rigide, inflexible et inextensible, pouvant tourner librement autour d'un point fixe. Bien que les os, organes passifs de la locomotion, ne soient ni inflexibles ni inextensibles, dans toute la rigueur du mot, cependant, sous les faibles charges qu'ils supportent, on peut les considérer comme remplissant les conditions du levier tel qu'on le définit en mécanique.

La position du point d'appui, par rapport à la puissance et à la résistance, est fort importante et sert à distinguer trois genres de leviers.

Dans le levier du premier genre, le point d'appui est placé entre la puissance et la résistance.

Dans le levier du deuxième genre, ou inter-résistant, le point d'appui est à l'une

des extrémités du levier, et la résistance est appliquée entre la puissance et le point d'appui.

Dans le levier du troisième genre, ou inter-puissant, le point d'appui est aussi placé à l'une des extrémités du levier, mais alors c'est la puissance qui est placée entre la résistance et le point d'appui.

On appelle *bras de levier de la puissance* la partie de levier comprise entre le point d'appui et le point d'application de la puissance ; *bras de levier de la résistance*, la partie de levier comprise entre le point d'appui et le point d'application de la résistance.

Dans le levier du premier genre, le bras de levier de la puissance peut être égal à celui de la résistance, il peut être plus long ou plus court, suivant que le point fixe est placé au milieu de la longueur du levier tout entier, ou plus près ou plus loin du point d'application de la résistance.

Dans le levier du deuxième genre, le bras de levier de la puissance est toujours plus long que celui de la résistance.

Dans le levier du troisième genre, le bras de levier de la puissance est toujours plus court que celui de la résistance.

Le maximum d'effet obtenu a lieu quand les forces sont perpendiculaires à leurs bras de levier ; l'effet est d'autant moindre, que la direction des forces est plus oblique par rapport au bras de levier.

Dans le cas où la résistance et la puissance sont parallèles, il faut, pour l'équilibre, que la puissance et la résistance soient en raison inverse de leurs bras de levier. Par conséquent, un levier du premier genre ne favorise ni la puissance ni la résistance, quand le point fixe est au milieu de sa longueur ; il favorise au contraire la puissance ou la résistance suivant que le point fixe se rapproche de la résistance ou de la puissance. Un levier du deuxième genre favorise toujours la puissance. Un levier du troisième genre favorise toujours la résistance.

Dans le cas où la puissance et la résistance ne sont pas parallèles, il suffit et il faut, pour que l'équilibre existe, que les forces soient en raison inverse des longueurs des perpendiculaires abaissées du point fixe sur les directions de ces forces.

Un corps est dit *en mouvement*, quand ses molécules occupent successivement des points divers de l'espace.

Le mouvement est *uniforme*, quand le corps parcourt des espaces égaux en temps égaux ; il est *accéléré* ou *retardé*, quand les espaces parcourus en temps égaux augmentent ou diminuent successivement d'étendue.

Dans le *mouvement uniforme*, on appelle *vitesse* l'espace parcouru par le corps dans l'unité de temps, ou plus généralement le rapport qui existe entre l'espace parcouru par le corps et le temps employé à le parcourir. Ainsi, un corps qui parcourt d'un mouvement uniforme 12 mètres en trois heures, se déplace nécessairement de 4 mètres par heure. La vitesse est donc 4 qui exprime l'espace parcouru dans l'unité de temps ou le rapport de 12 à 3. Par la même raison, un corps qui parcourrait 18 mètres en trois heures, aurait une vitesse représentée par 6 ; tandis qu'un corps qui ne parcourrait que 9 mètres en trois heures n'aurait que 3 pour vitesse.

La matière est inerte, c'est-à-dire persévère indéfiniment dans son état de repos ou de mouvement, tant qu'une force étrangère ne vient pas la solliciter. Il suit de là que l'effet produit par une force agissant sur un corps dépend de l'intensité

de la force et de la masse du corps. Le produit de la vitesse imprimée au corps par sa masse est ce qu'on appelle la *quantité de mouvement*. Cette quantité de mouvement est la véritable mesure de la force employée.

La résistance qu'on est obligé de vaincre, ou bien l'effort qu'il faut produire pour faire glisser un corps sur une ligne, sur un plan ou sur une surface quelconque, est ce qu'on appelle le *frottement*.

Organes de la locomotion.

Muscles.

Ce n'est pas le lieu d'étudier les muscles en tant qu'organes doués de contractilité ; cette étude a déjà été faite précédemment. Quant aux rapports des muscles avec les leviers osseux, peu de mots suffiront pour résumer ce qu'il est nécessaire d'en savoir.

En général, l'insertion des tendons se fait de telle sorte que les axes de traction des muscles sont fort inclinés par rapport aux bras de leviers sur lesquels ils agissent, et nous avons déjà vu que cette disposition entraîne une perte considérable de force. Cependant, dans bien des circonstances, les axes des muscles et les leviers se rencontrent sous des angles plus favorables à la force agissante : il nous suffira de citer la direction des muscles du dos par rapport aux apophyses transverses et épineuses, des masséters par rapport à la mâchoire inférieure, et surtout des jumeaux et des soléaires relativement au calcanéum. Il faut noter d'ailleurs que, dans le cas où le tendon d'un muscle fléchisseur passe librement par-dessus l'articulation qui doit devenir le centre du mouvement, souvent, à mesure que la flexion s'opère, l'angle très aigu, formé à l'origine du mouvement par l'axe de traction et le levier, augmente graduellement de manière à rendre de plus en plus efficace l'effort musculaire exercé. C'est le cas du biceps relativement au cubitus dans le mouvement de flexion de l'avant-bras sur le bras.

Quelques muscles offrent une disposition particulière. Leurs tendons, avant de s'insérer sur les os qu'ils doivent mouvoir, se réfléchissent sur des espèces de poulies osseuses ou ligamenteuses : tels sont les muscles de la jambe qui, avant de s'insérer au pied, se réfléchissent derrière les malléoles. Dans ce cas, l'effort exercé par la contraction du corps charnu du muscle agit tout entier dans la direction de la portion de tendon comprise entre le point de réflexion et le point d'insertion, quand c'est le point de réflexion qui est fixe. Quand au contraire le point d'insertion devient fixe et le point de réflexion mobile, alors la contraction musculaire se transforme en une pression qui tend à mettre le point de réflexion en mouvement dans l'angle formé par la direction du corps du muscle avec le tendon réfléchi. Prenons, pour exemple, les muscles dont les tendons passent derrière les malléoles : si le pied est libre et le bas de la jambe fixe, la contraction simultanée de ces muscles produit tout simplement l'extension du pied sur la jambe ; si au contraire le pied est appliqué à terre, la contraction simultanée de tous ces muscles exerce sur les deux malléoles une forte pression, d'arrière en avant et de bas en haut, qui vient en aide à l'action des jumeaux et du soléaire, pour détacher le talon du sol,

et soulever le corps tout entier sur la partie antérieure du métatarse appuyée contre la terre.

Il suffit d'un simple coup d'œil jeté sur les relations des puissances motrices et des résistances avec les tiges osseuses, pour se convaincre que les trois genres de levier existent dans l'économie, et que toujours et partout les dispositions sont combinées de manière à obtenir le maximum d'effet utile.

Quand les mouvements doivent avoir beaucoup d'étendue et de rapidité, les muscles agissent sur des leviers du troisième genre et sur des bras de levier très courts. Cette disposition entraîne sans doute une grande perte de force, mais avec une puissance aussi limitée que la contraction musculaire dans l'étendue de son action, il n'y avait pas d'autre moyen de conserver aux membres la possibilité de grands déplacements angulaires. C'est ici la force qui est sacrifiée à la rapidité et à la grande étendue du mouvement communiqué. Le deltoïde et le biceps brachial nous offrent deux exemples remarquables de ce genre d'action.

Dans le cas où la contraction musculaire doit soulever un poids considérable et communiquer des mouvements de peu d'étendue, la disposition des leviers est plus favorable à l'exercice de la force. Ainsi, les jumeaux et les soléaires, non-seulement s'insèrent à angle droit sur le calcanéum par le tendon d'Achille, mais encore ils agissent sur les os du pied comme sur un levier du deuxième genre pour soulever tout le poids du corps autour de l'extrémité du tarse fixé fortement au sol.

Les muscles qui s'insèrent à la partie postérieure du crâne, aux apophyses épineuses et transverses des vertèbres, ceux qui, prenant leur point d'appui sur le membre inférieur, servent à faire basculer le bassin en avant ou en arrière autour de l'articulation coxo-fémorale, tous ces muscles devant agir avec beaucoup de sûreté, communiquer des mouvements de peu d'étendue et le plus souvent se borner à maintenir l'équilibre en prévenant des déplacements, agissent sur des leviers du premier genre les mieux disposés de tous pour obtenir un pareil effet.

Os.

Considérés comme instruments de mécanique, les os nous présentent aussi des dispositions importantes et toutes très favorables à l'exercice de leurs fonctions.

Qu'ils soient longs, courts ou plats, les os qui ont à supporter des charges ou des tractions dans des sens déterminés, sont constitués de telle façon que *les fibres osseuses se trouvent toujours dirigées suivant l'axe d'action de la force elle-même.* Il suffit de soumettre les os à des coupes pratiquées convenablement, pour voir que partout les fibres osseuses sont perpendiculaires aux surfaces articulaires, quelque variées que soient leurs formes, et parallèles à la direction des tendons d'insertion des muscles : or, on sait que le maximum de résistance des corps fibreux est précisément dans le sens des fibres qui les composent. Ce point important d'anatomie de texture des os a été mis hors de contestation par les ingénieuses préparations de Jarjavay.

Les os longs, surtout ceux des membres inférieurs, qui sont de vraies colonnes de sustentation, présentent des dispositions qui les rendent éminemment propres à cette destination. D'abord, comme nous l'avons déjà dit, ils sont chargés dans le sens de leurs fibres. En outre, les corps de ces os représentent des tiges à peu près cylindriques et creuses, disposition qui leur permet, avec le moins de ma-

tière résistante possible, c'est-à-dire avec le moindre poids possible, de présenter le maximum de surface extérieure pour les attaches musculaires et le maximum de résistance aux causes d'écrasement.

Nous devons faire observer encore que les têtes des os longs sont beaucoup plus renflées que leurs corps. Cette disposition a pour effet d'agrandir les surfaces articulaires, de multiplier les points de contact entre deux os contigus, et par suite de rendre l'équilibre plus facile en agrandissant l'étendue de la base de sustentation. Ces renflements des têtes des os longs ont un autre avantage : ils dévient les tendons qui passent par-dessus les articulations et permettent aux muscles d'agir sous des angles moins aigus, c'est-à-dire dans des directions plus favorables, sur les leviers qu'ils sont destinés à mettre en mouvement.

Articulations.

Moyens d'union des diverses pièces osseuses entre elles, centres autour desquels s'exécutent tous les mouvements angulaires directement sollicités par la contraction musculaire, les articulations, par la disposition des surfaces de contact et des trousseaux ligamenteux qui les entourent, déterminent les véritables conditions de l'équilibre du corps et l'étendue des mouvements angulaires possibles.

Articulations de la tête et de la colonne vertébrale. — La tête s'articule avec l'atlas par deux condyles, à surface cylindrique, reçus dans des cavités de même forme existant de chaque côté de la première vertèbre. Il résulte de cette disposition que la tête ne peut exécuter, *sur l'atlas*, que des mouvements de flexion et d'extension, du reste, fort étendus. Les recherches de W. et E. Weber (1) ont démontré que quand la tête est très droite, de façon que la face soit dirigée en avant et aussi un peu en haut, elle se trouve en équilibre sur les condyles de l'occipital. Dans cette position, le centre de gravité de la tête est nécessairement contenu dans le plan vertical qui passe par les centres de mouvement des deux condyles. Mais comme ce centre de gravité est placé au-dessus de la base de sustentation et que tout déplacement, communiqué dans le sens des deux mouvements possibles de flexion et d'extension, tend à le faire descendre, la tête ainsi placée est seulement dans un équilibre instable que la moindre cause peut déranger. Pour maintenir et assurer l'équilibre de la tête sur la colonne vertébrale dans un plan antéro-postérieur, il est donc nécessaire que les muscles des régions antérieure et postérieure du cou entrent successivement en contraction suivant qu'elle penche d'un côté ou de l'autre. D'ailleurs, il est facile de voir que ces muscles agissent toujours sur un levier de premier genre dont le bras de la puissance est constamment plus grand que celui de la résistance, attendu que le centre de gravité de la tête, quelle que soit l'étendue de la flexion ou de l'extension, reste dans une verticale peu éloignée de l'axe de rotation des condyles.

Outre les mouvements de flexion et d'extension, la tête peut aussi exécuter un mouvement de rotation, mais alors l'atlas fait corps avec l'occipital, et le déplacement s'opère sur l'axis. D'ailleurs, ce mouvement, se passant dans un plan horizontal, ne peut en rien troubler l'équilibre de la tête sur le rachis.

Articulations vertébrales. — Les moyens d'union des vertèbres entre elles sont

(1) *Ouv. cit.*

très nombreux. Non-seulement elles sont en rapport par leurs apophyses articulaires, mais encore chacune d'elles, à l'exception de l'atlas qui n'a réellement pas de corps, est unie à celle qui la précède et à celle qui la suit par un fibro-cartilage puissant qui remplit tout l'espace compris entre les corps des vertèbres successives. Chaque vertèbre peut exécuter, par rapport à sa voisine, un mouvement de flexion et d'extension dans le sens antéro-postérieur et dans le sens latéral; elle peut aussi obéir à un mouvement de rotation sur son axe. Ces divers mouvements varient dans leur étendue, suivant les régions auxquelles appartiennent les vertèbres, en raison des grandes différences qui existent dans la disposition des facettes articulaires, dans l'étendue des fibro-cartilages intervertébraux et dans l'emboîtement réciproque des parties constituantes des vertèbres voisines. Les muscles moteurs agissent d'ailleurs sur les apophyses épineuses et transverses comme sur des leviers du premier genre.

Dans la station verticale, les viscères, appendus à la partie antérieure du corps des vertèbres, doivent nécessairement tendre à déterminer une flexion exagérée et même une chute du tronc en avant. Trois puissances entrent en jeu pour résister. Ce sont : 1° l'élasticité des cartilages intervertébraux comprimés en avant et distendus en arrière par cette flexion ; 2° l'élasticité des ligaments jaunes placés entre les lames des vertèbres, qui résiste avec beaucoup d'énergie à une traction longitudinale ; 3° enfin et au besoin, dans le cas de déplacements un peu marqués, la contraction des muscles de la région postérieure du tronc qui agissent sur les apophyses transverses et épineuses comme sur des leviers du premier genre. De ce côté donc, l'équilibre est complétement assuré.

Quelle que soit la cause qui trouble l'équilibre de la colonne vertébrale, les cartilages intervertébraux doivent toujours contribuer d'une manière très efficace au rétablissement de la position normale. Ses mouvements, quelle que soit leur direction, ne peuvent s'exécuter sans entraîner la déformation de ces fibro-cartilages. Ces disques fibreux, comprimés du côté de la flexion et distendus du côté de l'extension, agissent comme de vrais ressorts dont l'élasticité suffit quelquefois toute seule pour ramener les parties à la position primitive, et, dans tous les cas, est un puissant auxiliaire pour les muscles. Nous avons déjà vu, que dans le cas le plus fréquent, celui de la flexion en avant, l'action des ligaments jaunes élastiques s'ajoute à celle des disques intervertébraux. Lorsque la colonne vertébrale exécute un mouvement de rotation sur son axe, de façon que la vertèbre tourne dans un plan horizontal, les fibro-cartilages éprouvent une torsion considérable ; leur élasticité ne tarde pas à arrêter le mouvement et contribue puissamment à ramener les parties dans leur position naturelle.

Bassin. — Le sacrum, le coccyx et les deux os des iles forment, par leur réunion, le bassin au moyen duquel le tronc entier repose sur ses deux appuis, les jambes. Les deux os coxaux et le sacrum, unis par des couches épaisses de fibro-cartilages et des ligaments très puissants qui ne leur permettent aucun mouvement relatif, forment un cercle osseux destiné à servir de base de sustentation à la colonne vertébrale. D'ailleurs, il faut bien se rappeler que, d'après les travaux de Nægele et de E. Weber (1), un plan vertical mené par les centres des deux cavités cotyloïdes passe par la base du sacrum avec laquelle s'articule directement le rachis. Cette dispo-

(1) *Ouv. cit.*

sition est éminemment propre à assurer l'équilibre de toutes les parties du tronc sur ses deux appuis.

Quand les deux têtes des fémurs sont fixes, le bassin ne peut plus se mouvoir qu'autour de l'axe qui passe par les centres des deux cavités cotyloïdes. Le muscle droit antérieur, en se contractant, fait basculer le bassin en avant, en agissant sur lui comme sur un levier du premier genre. Les muscles demi-membraneux et demi-tendineux agissent aussi sur le bassin comme sur un levier du premier genre, et peuvent, par leur contraction, le faire basculer en arrière. Et réciproquement, ces mêmes muscles peuvent combattre par le même mécanisme toutes les causes de déplacement qui tendraient à faire basculer le bassin dans un plan antéro-postérieur, autour de l'axe passant par les centres des deux articulations coxo-fémorales, et à faire pencher le corps en avant ou en arrière.

Quand une seule jambe est solidement fixée, le bassin, entraîné par la contraction musculaire, peut facilement tourner dans tous les sens, et exécuter des mouvements très variés autour de l'articulation coxo-fémorale immobile. Le bassin, dans les divers mouvements qu'il exécute, entraîne nécessairement avec lui toutes les parties situées au-dessus, et auxquelles il sert de base de sustentation. Il faut même reconnaître que les mouvements les plus rapides et les plus étendus du tronc sont dus à des déplacements du bassin sur les deux têtes des fémurs.

Articulation coxo-fémorale. — L'articulation coxo-fémorale présente quelques dispositions particulières, très importantes au point de vue de la station verticale et de la locomotion. Toutes ses parties sont disposées pour qu'elle jouisse à la fois d'une grande solidité et d'une très grande mobilité.

Cette articulation est une vraie noix; la tête du fémur et la cavité cotyloïde à l'état frais se touchent dans toute leur étendue et appartiennent à une sphère de même diamètre. Cependant la tête du fémur n'est pas emprisonnée dans la cavité cotyloïde; cela tient à ce que la profondeur de la cavité articulaire est généralement inférieure et n'est jamais supérieure au rayon de la sphère à laquelle elle appartient. Cette cavité est garnie dans tout son pourtour d'un bourrelet fibro-cartilagineux circulaire très élastique, qui s'applique immédiatement sur la tête du fémur. Véritable continuation des parois de la cavité, ce bourrelet cotyloïdien fait surtout l'office d'une soupape: il s'oppose, pendant la vie, à ce que les liquides et les tissus membraneux environnants s'introduisent dans l'intérieur de l'articulation. C'est le même bourrelet qui, quand l'articulation est mise à nu et la capsule ligamenteuse coupée, s'oppose à la pénétration de l'air dans la cavité cotyloïde, et permet ainsi d'apprécier exactement l'effet de la pression atmosphérique sur cette articulation.

Les dispositions que nous venons de rappeler sommairement sont telles que la pression atmosphérique s'exerce de dehors en dedans sur la tête du fémur, sans que rien puisse contre-balancer son action dans la direction contraire, et tend à refouler la tête du fémur dans la cavité cotyloïde. Cette circonstance, jointe aux fortes dimensions de la tête du fémur, suffit pour expliquer comment le membre inférieur n'est retenu dans sa position ni par la contraction musculaire, ni par la résistance de la capsule articulaire, ni par l'emboîtement articulaire, mais uniquement par la pression atmosphérique. C'est un fait d'une très haute importance, que les expériences bien connues et si souvent répétées de E. Weber ont mis hors de toute contestation possible. Il résulte de là que, dans les mouvements de la

marche, le membre inférieur détaché du sol ne pèse pas sur le bassin, et que la pression atmosphérique, sans contraction musculaire, suffit seule pour retenir la tête du fémur dans son articulation. Ainsi, dans les divers temps de la progression, le membre inférieur peut osciller dans un plan vertical d'arrière en avant, comme un véritable pendule, et la tête du fémur n'exerce aucun frottement contre les parois de la cavité cotyloïde qu'elle n'abandonne jamais.

Quelle que soit la mobilité de l'articulation coxo-fémorale, elle n'est pourtant la même ni dans toutes les directions, ni dans toutes les positions affectées. C'est là un élément important de l'histoire de la locomotion, et c'est surtout l'appareil ligamenteux qui sert à limiter cette mobilité aux proportions exigées par les fonctions de cette articulation dans le sens de l'adduction et de l'extension.

La membrane capsulaire faisant corps avec le *ligament supérieur* qui se fixe au col du fémur, l'extension ne peut se faire sans que tout cet ensemble ligamenteux éprouve un mouvement de torsion qui tend à appliquer la tête du fémur plus fortement contre le fond de la cavité cotyloïde. Mais, à mesure que l'extension augmente, la torsion augmente aussi et ne tarde pas à devenir assez considérable pour rendre le mouvement articulaire impossible. Dans ce sens, les parties fibreuses de l'articulation offrent une résistance très considérable, car le ligament supérieur est le plus fort de l'économie. D'ailleurs, la bande fibreuse décrite par Maissiat (1) sous le nom de *iléo-trochantéro-tibiale* vient en aide au ligament supérieur, et concourt puissamment à limiter le mouvement d'extension du membre inférieur. Nous verrons plus tard que ces circonstances jouent un grand rôle pour empêcher le renversement du tronc en arrière dans la station verticale.

Lorsque l'homme est debout, le mouvement d'adduction du membre inférieur est très limité. On peut amener les genoux au contact, mais on ne peut pas les presser l'un contre l'autre sans fléchir l'articulation coxo-fémorale. Par conséquent, dans la station verticale, la flexion latérale de cette articulation n'est possible que dans des limites très peu étendues, ce qui favorise singulièrement l'équilibre du tronc dans cette position. Ce résultat est dû à la résistance de deux ligaments : le *ligament supérieur* et le *ligament rond*. Ce mouvement d'adduction, en effet, dans la station verticale, détermine une traction du ligament supérieur, dont la grande résistance et la faible extensibilité ne tardent pas à rendre ce mouvement impossible. Quant au ligament rond, E. Weber (2) a démontré qu'il est enroulé autour de la tête du fémur, dans un plan vertical passant par le centre de la cavité articulaire. Par conséquent, dans le mouvement d'adduction, son insertion sur la tête du fémur tend à se relever, et lui-même est, comme le ligament supérieur, soumis à une traction longitudinale. Mais quand l'homme est assis, l'articulation coxo-fémorale est fléchie, les ligaments rond et supérieur ne sont pas disposés de la même manière par rapport au sens du mouvement, et l'adduction peut s'exécuter dans une étendue beaucoup plus considérable. Dans ce cas, en effet, les deux jambes peuvent non seulement être rapprochées, mais être croisées l'une sur l'autre.

Articulation du genou. — Quoique le genou ne soit pas, à proprement parler, une articulation en charnière, parce qu'il n'y a pas d'axe fixe de rotation, et bien que d'ailleurs, dans la flexion, il y ait possibilité de faire exécuter à la jambe un mouvement de pronation et de supination par rapport à la cuisse, cependant, au point

(1) *Études de physique animale.* Paris, 1843.
(2) *Ouv. cit.*

de vue de la locomotion, on peut considérer cette articulation comme ne permettant que des mouvemens d'extension et de flexion sans aucune espèce de déviation latérale, ce qui, d'ailleurs, est vrai quand l'extension est complète.

Dans le mouvement d'extension, les condyles du fémur roulent comme une roue, d'arrière en avant, sur les surfaces presque planes de la tête du tibia; de là résulte que l'attache supérieure des ligaments latéraux monte, et que ces ligaments sont tiraillés dans le sens de leur longueur, à mesure que l'extension devient plus considérable. Tant que le mouvement d'extension est modéré, le ligament croisé antérieur est seul tendu; mais à un degré plus avancé, le ligament croisé postérieur est aussi tendu à son tour; en sorte que, dans l'extension extrême de l'articulation du genou, les quatre ligaments sont tiraillés et concourent à arrêter le mouvement.

Dans le mouvement de flexion, les condyles du fémur roulent d'avant en arrière, les points d'attache supérieurs des ligaments latéraux s'abaissent, tout l'appareil ligamenteux est d'abord relâché. Cependant, le mouvement de flexion continuant, le ligament croisé postérieur ne tarde pas à être tendu, et c'est lui seul ou presque seul qui lutte pour limiter l'étendue de la flexion. Le ligament croisé antérieur est en effet un peu tendu dans la flexion extrême et résiste un peu dans le même sens que le postérieur; mais son action est si faible qu'on peut la négliger.

Articulation du pied. — L'articulation de la jambe avec le pied se fait par l'intermédiaire de l'astragale. Cet os s'articule d'une part avec le reste du pied, et d'autre part avec la partie inférieure de la jambe. Le pied peut se mouvoir sur la jambe dans deux plans verticaux à angle droit, l'un sur l'autre.

Le mouvement exécuté dans le plan vertical antéro-postérieur constitue la flexion et l'extension du pied. Il se passe tout entier dans l'articulation de la partie inférieure de la jambe avec l'astragale.

Le mouvement exécuté dans le plan vertical transversal constitue l'adduction et l'abduction; il se passe tout entier dans l'articulation de l'astragale avec le reste du pied.

Ce dernier mouvement est impossible, ou du moins excessivement limité, quand le pied, posé à terre, supporte le poids du corps, en sorte que, dans la station verticale, l'équilibre du corps, sur cette articulation, est assuré transversalement. Mais la chute du corps peut s'exécuter dans un plan antéro-postérieur, et les ligaments de l'articulation de l'astragale avec la jambe ne peuvent pas s'opposer à ce mouvement; l'équilibre ne peut donc être maintenu dans ce sens que par la contraction musculaire.

Centre de gravité du corps.

A la suite de recherches entreprises dans le but de déterminer la position du centre de gravité du corps de l'homme, Borelli s'est contenté de dire un peu vaguement qu'il était situé *inter nates et pubim.* Dans ces derniers temps, W. Weber (1) a repris cette question et a traité ce point de science avec toute l'exactitude qui caractérise ses travaux de mécanique animale.

D'après W. Weber, le centre de gravité du corps tout entier d'un homme de la taille de $1^{m},669$ est situé à $87^{mm},7$ au-dessus de l'axe de torsion de la hanche, ou bien à $8^{mm},7$ au-dessus du promontoire. Cet habile expérimentateur ne s'est pas

(1) *Ouv. cit.*

contenté de cette première détermination; il a aussi cherché la solution d'une autre question fort importante, celle de la position du centre de gravité du tronc. Opérant toujours sur le même cadavre, il a vu que le centre de gravité du corps, séparé de ses deux membres inférieurs, remontait jusqu'au niveau de l'extrémité inférieure du sternum et de l'appendice xiphoïde.

Ainsi donc, les parties mobiles sur les têtes des fémurs ont leur centre de gravité situé sur une ligne droite menée de l'extrémité supérieure à l'extrémité inférieure du rachis, au niveau de l'appendice xiphoïde. Nous verrons que cette position élevée du centre de gravité du tronc, au-dessus de sa base de sustentation, doit être prise en sérieuse considération pour la détermination des conditions d'équilibre dans la station verticale.

De la Station.

Parmi les modes très nombreux et très variés de station que l'homme peut affecter, nous nous contenterons de faire l'histoire de la station verticale, comme étant la plus importante et la plus caractéristique de l'espèce humaine. Cette station verticale elle-même, nous l'étudierons dans deux circonstances principales : d'abord quand le corps reposant sur les deux fémurs, son poids est transmis également aux deux pieds appuyés sur le sol; en second lieu, quand le poids du corps est porté sur un seul des deux membres inférieurs, le pied du côté opposé, quoique reposant à terre, ne servant que très peu et même pas du tout de moyen de sustentation.

A. *Station verticale à deux pieds.* — Supposons l'homme debout, les deux pieds reposant à terre, les centres des talons écartés de l'espace qui sépare les centres des têtes des fémurs, le genou dans l'extension, de manière que le fémur et le tibia, placés sur une même ligne droite, reposent verticalement sur l'astragale, et que la ligne menée d'une extrémité à l'autre du rachis soit verticale et passe par l'axe de mouvement du bassin sur les fémurs. La verticale menée par le centre de gravité du corps tombera alors au milieu de la ligne qui passe par le centre des articulations astragalo-tibiales, et l'équilibre sera possible.

Les charges que supporte la colonne vertébrale, à gauche et à droite de son axe, sont si exactement équilibrées que, en l'absence d'une cause extérieure de déplacement, rien ne peut troubler l'équilibre dans le sens latéral. Le tronc peut même exécuter sur les jambes des balancements assez étendus de gauche à droite, ou de droite à gauche, sans que l'équilibre soit réellement compromis. En effet, tant que la verticale menée par le centre de gravité du corps ne tombera pas en dehors de l'une des articulations tibio-tarsiennes, le corps reposera solidement sur la base de sustentation. Or, supposons que le déplacement latéral soit assez considérable pour que cette verticale tombe précisément sur une des deux articulations tibio-tarsiennes, le membre inférieur du côté où le déplacement aura été exécuté se sera tout entier incliné en dehors, puisque l'articulation du genou ne se prête à aucune flexion latérale. Mais, dans cette position, le tibia aura atteint la limite des déplacements latéraux possibles sur l'astragale; de plus l'articulation coxo-fémorale sera arrivée à l'adduction extrême, en sorte que les dispositions articulaires et la résistance des ligaments s'opposeront à ce que ce mouvement de balancement aille plus loin, retiendront le corps en équilibre dans cette situation extrême, et rendront impossible une chute latérale. Dans ce sens donc, les rapports des surfaces

articulaires et la résistance des ligaments suffisent pour maintenir et assurer l'équilibre, sans recourir à la contraction musculaire.

En est-il de même dans le sens antéro-postérieur, dans le cas que nous examinons maintenant, c'est-à-dire lorsque le fémur se trouve exactement dans la direction du tibia, et que les articulations du genou et de la hanche n'ont pas atteint les limites extrêmes de l'extension ? Le centre de gravité du tronc, situé au niveau de l'appendice xiphoïde et sur une verticale qui coupe l'axe de rotation du bassin, est en équilibre instable et placé très haut au-dessus de sa base de sustentation. D'ailleurs la flexion et l'extension de l'articulation coxo-fémorale sont très faciles, et la contraction musculaire peut seule empêcher le tronc, légèrement ébranlé, de tomber en avant ou en arrière. Ce que nous venons de dire de l'articulation de la hanche s'applique exactement aux articulations tibio-tarsienne et tibio-fémorale. Cette position serait donc très précaire et extrêmement fatigante, puisque ce serait seulement au moyen de contractions musculaires continuelles que le corps pourrait être maintenu et ramené dans sa position primitive.

Mais que le tronc soit rejeté légèrement en arrière, les articulations du genou et de la hanche étant placées dans leur état d'extension extrême, et cette modification suffira pour rendre la position verticale beaucoup plus stable dans le plan antéro-postérieur et beaucoup moins fatigante à maintenir, sans d'ailleurs altérer ses conditions de solidité dans le sens latéral.

Alors, en effet, la verticale passant par le centre de gravité du tronc placé au niveau de l'appendice xiphoïde tombera un peu en arrière de l'axe de rotation du bassin sur les têtes des fémurs. Le poids du corps tendra donc à accroître l'extension de l'articulation coxo-fémorale et à faire basculer le bassin en arrière, mouvement rendu impossible par la résistance du ligament supérieur et de la bandelette iléo-trochantéro-tibiale. Quant à la chute du tronc en avant, elle ne pourrait se faire sans déterminer préalablement une légère ascension de son centre de gravité, et cette circonstance suffit seule pour l'empêcher. L'équilibre du tronc sur les articulations coxo-fémorales est donc assuré indépendamment de toute contraction musculaire.

Dans cette situation, la verticale menée par le centre de gravité du corps tombera toujours sur le milieu de l'axe de rotation des deux articulations tibio-tarsiennes, mais elle passera un peu en avant des articulations tibio-fémorales. Par rapport aux articulations du genou, considérées comme base de sustentation, le corps a donc une seule tendance très marquée, celle d'une chute en avant ; mais ce mouvement n'est plus possible, car l'extension de ces deux articulations est parvenue à ses dernières limites, et la grande résistance de l'appareil ligamenteux suffit pour assurer et maintenir l'équilibre.

Tant que ne surviendra pas une cause extérieure notable de déplacement, le corps sera donc retenu en équilibre sur les articulations de la hanche et du genou, sans fatigue musculaire et par le seul effet de la tension de l'appareil ligamenteux. Mais le poids tout entier est transmis aux articulations tibio-tarsiennes. Ici le renversement est possible et facile dans le plan antéro-postérieur. Les ligaments de cette articulation ne peuvent s'opposer ni à la flexion ni à l'extension, et une fois l'équilibre rompu en avant, et surtout en arrière, la verticale passant par le centre de gravité serait bientôt entraînée, par la continuation du mouvement, en dehors de la base de sustentation, et la chute aurait lieu. Les puissances musculaires

peuvent seules, par leur action, prévenir ces déplacements, les limiter ou les corriger quand ils sont déjà commencés.

Ainsi, dans la station verticale sur deux pieds, l'équilibre de la tête sur la colonne vertébrale est assuré par le jeu des muscles de la région cervicale; les vertèbres sont retenues dans leur position relative par l'élasticité des disques intervertébraux et des ligaments jaunes, et aussi par l'action des muscles du dos. Le rachis est ramené ainsi à la condition d'une verge inflexible appuyée sur le sacrum. Dès lors le tronc étant légèrement porté en arrière, et les articulations de la hanche et du genou ramenées à l'extension extrême, la résistance de l'appareil ligamenteux suffit pour assurer l'équilibre du tronc sur les cuisses, et des cuisses sur les jambes. Le seul axe de rotation autour duquel la chute du corps soit possible est donc celui des articulations tibio-tarsiennes. Là, en effet, ni les surfaces articulaires ni les ligaments ne sont disposés pour s'opposer à une chute du corps en avant ou en arrière. Or, de la situation très élevée du centre de gravité du corps au-dessus de ces articulations, il résulte que tout déplacement détermine un abaissement de ce centre de gravité, et que, par suite, tout déplacement commencé tend par lui-même à continuer, jusqu'à ce que le corps soit ramené à la position horizontale. L'équilibre du corps sur les pieds est donc instable; la contraction musculaire peut seule l'assurer, et c'est dans ce but que la jambe se trouve pourvue de muscles si nombreux et si puissants.

B. *Station verticale naturelle, sur un pied.* — Dans ce genre de station l'homme est, comme on dit vulgairement, en *position hanchée.* Pour fixer les idées, supposons-le appuyé sur le membre droit, ce qui, d'ailleurs, est le cas le plus commun. Le pied droit est fortement appuyé à terre, l'articulation du genou en extension extrême, l'articulation de la hanche ramenée à l'adduction et à l'extension extrêmes. Le corps est légèrement penché à droite et en arrière, le membre inférieur gauche reporté un peu en avant, sensiblement fléchi sur les articulations de la hanche et du genou, repose sur le pied légèrement appuyé à terre. Le poids du corps porte donc à peu près complétement et exclusivement sur le membre inférieur droit. D'ailleurs, la verticale passant par le centre de gravité du tronc tombe un peu en arrière de l'articulation coxo-fémorale droite, et la verticale menée par le centre de gravité du corps passe un peu en avant de l'articulation du genou droit et tombe sur l'articulation tibio-tarsienne du même côté.

Dans le sens latéral, le déplacement est impossible à droite, parce que les trois articulations du membre inférieur ne permettent aucun mouvement de ce genre. A gauche, l'équilibre pourrait être rompu autour de l'articulation coxo-fémorale surtout, mais le membre inférieur gauche, bien que reposant à peu près librement à terre, offre une résistance suffisante pour s'opposer à toute chute de ce côté.

Ce que nous avons dit de la disposition des centres de gravité du tronc et du corps entier, par rapport au membre inférieur droit, indique suffisamment que, dans le plan antéro-postérieur, l'équilibre est assuré autour de l'articulation du genou et de la hanche, par le même mécanisme que nous avons exposé dans la station verticale sur deux pieds. C'est donc seulement autour de l'articulation tibio-tarsienne que le corps peut être entraîné à tomber en avant ou en arrière, et que la contraction musculaire doit intervenir activement pour prévenir et empêcher une chute. Mais, sous ce rapport, le mode de station dont il s'agit a sur le précédent un avantage considérable et qui explique pourquoi il peut être prolongé

plus longtemps et avec moins de fatigue, pourquoi même, après une longue station sur deux pieds, il y a soulagement véritable à passer à la *station hanchée* sur un seul pied.

Quel que soit, en effet, le genre de station verticale adoptée, la tendance marquée du corps est la chute en avant autour des articulations tibio-tarsiennes. Or, dans la station sur les deux pieds, les puissants muscles du mollet peuvent seuls s'opposer à ce déplacement, ils sont nécessairement en contraction presque permanente, et de cette continuité d'action résulte une fatigue réelle, considérable, inévitable. Au contraire, dans la station sur un pied, le membre inférieur opposé à celui qui supporte le poids est légèrement fléchi et repose à terre dans un plan antérieur. Dans tout déplacement en avant, le corps tombe donc sur ce membre à peu près inactif; et ce membre légèrement fléchi fait l'effet d'un véritable arc-boutant, résiste à cette pression du corps, le maintient dans sa position et même l'y ramène au besoin par une légère contraction musculaire. Cette résistance vient en aide à l'action des muscles du mollet, les soulage en les dispensant d'une contraction aussi persistante et aussi active, et, par cela même, diminue considérablement la fatigue inséparable de la station verticale.

De la Progression.

Dans tout mouvement de progression, le corps de l'homme se divise en deux sections bien distinctes. L'une représente le poids à porter et à mouvoir, elle comprend le tronc, les bras et la tête; l'autre, constituée par les membres inférieurs, supporte le fardeau et lui communique le mouvement de translation. Par leur résistance, leurs changements de longueur et de position, les membres inférieurs jouent alternativement le double rôle d'appuis mobiles qui suivent le tronc dans tous ses déplacements et l'empêchent de tomber, et d'agents d'impulsion qui le sollicitent incessamment et efficacement à avancer dans une direction déterminée.

Les modes de progression les plus importants pour les besoins de locomotion de l'homme à la surface du globe, se réduisent à trois: *la marche*, *la course* et *le trotter*, que nous devons étudier successivement. Avant d'entrer dans les détails de cette analyse, arrêtons notre attention sur quelques faits généraux communs à ces trois modes de progression. Cette exposition préliminaire offrira le double avantage d'introduire quelque clarté dans cette étude déjà si compliquée par elle-même, et de nous permettre d'éviter des redites toujours fatigantes.

Toutes les fois que l'homme se déplace à la surface de la terre, le tronc, appuyé sur les deux têtes des fémurs, s'incline en avant, et cette inclinaison est d'autant plus prononcée que la vitesse du mouvement est plus considérable. Les expériences et les mesures de E. et de W. Weber prouvent que l'inclinaison du tronc sur la verticale est :

Dans la marche la plus lente, de . . .	5° 7′
Dans la marche la plus rapide, de. . .	10°
Dans la course la plus lente, de. . . .	7° 2′
Dans la course la plus rapide, de . . .	22° 5′

Il résulte de cette disposition des parties, que le centre de gravité du corps est

placé sur une verticale qui passe en avant de la ligne qui joint les centres des têtes des fémurs, et qu'il y a tendance continuelle à la chute en avant. Les mouvements des membres inférieurs doivent être constamment dirigés de manière que les têtes des fémurs, poussées dans le sens de l'inclinaison du tronc, puissent continuer à lui servir de point d'appui et s'opposer à la chute en avant. Dans ce cas, l'équilibre du tronc sur les fémurs est un véritable équilibre mobile et instable, comparable à celui d'une baguette inclinée, appuyée sur l'extrémité du doigt. Le seul moyen d'empêcher la baguette de tomber, est de mouvoir le doigt dans le sens de son inclinaison et avec une rapidité croissante avec l'inclinaison elle-même.

Toute impulsion communiquée au corps dans la progression lui vient des membres inférieurs, qui, à leur tour, ne peuvent devenir des agents actifs de mouvement qu'à la condition de se raccourcir et de s'allonger alternativement. Or, pour que l'allongement d'un membre inférieur devienne une cause de transport du centre de gravité du corps en avant, il faut, de toute nécessité, que cet allongement ne se fasse pas suivant la verticale, mais dans une direction inclinée à l'horizon. Il résulte nécessairement de là, que le centre de gravité du corps, simplement supporté ou poussé en avant par la jambe arc-boutée contre terre, reste constamment dans une position plus rapprochée du sol que dans la station verticale. D'ailleurs, cet abaissement du centre de gravité du corps vers la terre, doit être et est en réalité d'autant plus considérable, que le mouvement de déplacement est plus rapide.

Quel que soit le mode de progression adopté, chaque membre inférieur, alternativement, arc-boute contre terre et s'allonge par le redressement plus ou moins rapide de ses diverses articulations. Lorsque le membre est ainsi arrivé à l'extension extrême, il est incliné à l'horizon ; son rôle d'agent d'impulsion est terminé. Alors, le genou se fléchit, le talon s'élève, le pied se détache du sol, et le membre tout entier, ainsi raccourci, flotte suspendu au bassin, se meut rapidement d'arrière en avant, passe au-dessous du centre de gravité et va s'appliquer de nouveau contre terre. Pour se rendre un compte très exact de cette succession de phénomènes, il est nécessaire de se rappeler que le membre inférieur soutenu par la pression atmosphérique n'exerce aucune pression sur les parois de la cavité cotyloïde et peut osciller autour du centre de la tête du fémur comme un véritable pendule. Les expériences de E. Weber ont d'ailleurs démontré directement que, sur un homme vivant dont les muscles étaient relâchés, le membre inférieur, écarté de la verticale et abandonné à lui-même, oscillait absolument comme sur un cadavre, de telle manière que des membres de même longueur exécutaient des oscillations isochrones ; oscillations qui, d'ailleurs, obéissent aux lois du pendule ordinaire. E. Weber est allé plus loin, il a observé et mesuré les oscillations des jambes dans les divers modes de progression, et prouvé qu'elles exécutaient des oscillations parfaitement identiques avec celles de la jambe d'un cadavre, et par conséquent d'un pendule. Ceci nous prouve que les muscles des membres inférieurs ne jouent aucun rôle et qu'ils restent dans le relâchement complet pendant que la jambe devenue flottante oscille d'arrière en avant à la manière et suivant les lois du pendule. Cela posé, il est facile de se rendre compte du mécanisme suivant lequel le pied se sépare du sol.

Le membre inférieur, placé obliquement en arrière du centre de gravité du corps, est dans l'extension complète et ne touche plus le sol que par les phalanges. Ce membre est un vrai pendule écarté de sa position verticale, composé de deux parties contiguës, la cuisse et la jambe réunies l'une à l'autre par l'articulation du

genou. La cuisse, représentant un pendule plus court que le membre tout entier, tend à osciller plus vite que la jambe. Dès lors, mécaniquement et sans l'intervention des muscles, l'articulation du genou se fléchit, le talon se relève, le pied quitte le sol, et le membre entier, ainsi raccourci et flottant dans l'air, exécute passivement une oscillation pendulaire dont l'amplitude est double de l'angle qu'il faisait primitivement avec la verticale passant par la tête du fémur, et dont la durée dépend de la longueur qu'il conserve après la flexion de l'articulation tibio-fémorale. Nous verrons plus tard comment, dans les divers modes de progression, ces oscillations pendulaires exécutées par les membres inférieurs exercent la plus grande influence sur la vitesse de déplacement du centre de gravité du corps dans l'espace.

De la marche.

La marche est un mode de progression caractérisé par ce fait, que le corps s'avance sans jamais cesser de s'appuyer sur le sol. Pour bien comprendre le double rôle de colonnes de sustentation et d'agents actifs d'impulsion que jouent les membres inférieurs, il est nécessaire de passer en revue les variations de position et de forme par lesquelles ils passent dans les divers temps des pas successifs dont se compose la marche.

La jambe gauche est placée en avant fortement appuyée sur le sol par toute l'étendue de la plante du pied, l'articulation du genou est légèrement fléchie, le tronc incliné en avant et le centre de gravité du corps plus rapproché de terre que dans la station verticale. Un plan vertical passant par les centres des têtes des fémurs serait situé un peu en arrière du centre de gravité du corps et tomberait sur le talon appuyé contre terre. Il est facile de voir que le membre inférieur gauche a la meilleure disposition possible pour soutenir le poids du tronc.

En même temps, le membre inférieur droit est placé en arrière, incliné à l'horizon, étendu ; le pied droit ne repose plus sur le sol que par les extrémités des métatarsiens et les phalanges, et fait avec l'horizon un angle de 45 degrés. Tout est ainsi disposé pour que la progression commence.

Le pied droit, appuyé contre terre, se relève sur les extrémités des métatarsiens jusqu'à extension complète de l'articulation tarso-tibiale. Ce mouvement pousse en avant la jambe droite, le bassin et le tronc tout entier. La position de la jambe gauche placée en avant est nécessairement modifiée ; la tête du fémur gauche suit le bassin, le genou s'étend un peu, l'articulation tibio-tarsienne se fléchit. Le plan vertical passant par les centres des têtes des fémurs, qui, à l'origine du mouvement passait par le talon gauche, a été poussé en avant, et tombe maintenant sur le cou-de-pied.

Le corps, jusqu'ici, était appuyé sur les deux membres inférieurs placés, l'un en avant, l'autre en arrière. A ce moment, le membre inférieur droit, complétement étendu, cesse ses fonctions de colonne de sustentation et d'agent d'impulsion. Le genou se fléchit par le mécanisme précédemment exposé, le talon s'élève, le pied se sépare du sol et le tronc ne repose plus que sur le membre inférieur gauche.

Mais le membre inférieur gauche ne sert pas seulement de colonne de sustentation, il doit devenir agent d'impulsion et continuer le mouvement de translation en avant communiqué au tronc tout entier. A cet effet, l'articulation du genou, d'abord fléchie, se détend graduellement, le membre s'allonge, et par la flexion de l'articulation tibio-tarsienne, se place dans une position de plus en plus inclinée à

l'horizon. Le bassin, poussé en avant par ce mouvement de détente, entraîne tout le membre inférieur droit déjà séparé de terre, et le centre de gravité du corps glisse d'arrière en avant dans un plan horizontal. Lorsque la détente du genou gauche est complète le plan vertical mené par les centres des têtes des fémurs, tombe en avant de l'extrémité des orteils du pied gauche, seul posé contre terre. Mais l'allongement du membre inférieur gauche ne s'arrête pas là ; le pied se détache du sol, graduellement du talon aux orteils, l'articulation tibio-tarsienne s'étend jusqu'à ce que le pied, appuyé sur les extrémités des métatarsiens et des phalanges, forme un angle de 45 degrés avec l'horizon. Cette détente de l'articulation tibio-tarsienne contribue aussi à pousser le centre de gravité en avant.

Pendant que le tronc est ainsi porté et poussé en avant par le membre inférieur gauche, le membre droit placé en arrière, complétement séparé du sol, raccourci d'ailleurs par la flexion du genou, a accompli un double mouvement d'oscillation et de translation. Suspendu à la cavité cotyloïde, il s'est conduit comme un pendule et a décrit une demi-oscillation d'arrière en avant, de telle façon que le talon droit est venu se placer dans le plan vertical passant par les centres des têtes des fémurs. Mais invariablement fixé au bassin, en même temps qu'il oscillait librement dans l'espace, il s'est déplacé d'arrière en avant par un mouvement de totalité et a parcouru horizontalement l'espace dont le tronc s'est avancé sous l'influence de l'extension du membre inférieur gauche.

Au moment où le membre inférieur droit a ainsi achevé sa demi-oscillation, le pied du même côté se pose à terre en procédant du talon aux orteils. Le corps alors repose sur les deux membres, et nous nous trouvons dans la même situation qu'au point de départ. Seulement, les membres inférieurs ont changé de rôle et de place. Le gauche, qui tout à l'heure était en avant légèrement fléchi au genou et reposait sur le sol par toute l'étendue de la plante du pied, est maintenant en arrière incliné à l'horizon, le genou complétement étendu, le pied relevé à 45 degrés sur l'horizon et ne touchant plus à terre que par les extrémités des métatarsiens et des phalanges. Le membre droit, au contraire, est passé de cette dernière position à la première à la suite de l'extension complète de l'articulation tibio-tarsienne et d'une demi-oscillation exécutée autour du centre de la cavité cotyloïde à la manière d'un pendule. Et pendant ce temps, le centre de gravité du corps s'est avancé horizontalement de tout l'espace compris entre le point du sol qu'occupait le talon gauche à l'origine du mouvement et celui où s'est appliqué le talon droit à la fin de la demi-oscillation pendulaire exécutée par le membre inférieur droit. *Un pas entier* a été accompli.

En résumé, les changements de position et de forme que subissent le tronc et les membres inférieurs pour exécuter *un pas*, se réduisent à deux temps principaux.

1er TEMPS. — *Le corps s'appuie sur les deux membres inférieurs.* — Le membre inférieur droit, placé en arrière et incliné à l'horizon, touche à terre par les extrémités des métatarsiens et les phalanges, le genou est étendu et le pied relevé à 45 degrés. Le membre gauche, placé en avant, repose sur le sol par toute la plante du pied, le genou est un peu fléchi et le talon placé verticalement au-dessous des têtes des fémurs. Le tronc est un peu incliné en avant.

Les choses étant ainsi disposées, le pied droit se relève sur les extrémités des métatarsiens jusqu'à extension complète de l'articulation tibio-tarsienne. En même temps, l'articulation tibio-tarsienne gauche se fléchit un peu, et la jambe gauche s'étend. Ainsi, le bassin obéit à l'impulsion communiquée par l'allonge-

ment des deux membres inférieurs, et le centre de gravité du corps se déplace en avant. A ce moment, le membre inférieur droit va se détacher du sol.

2e TEMPS. — *Le corps ne repose plus que sur l'un des deux membres inférieurs.* — Le membre inférieur gauche, qui, seul porte le poids du corps, s'allonge par l'extension complète du genou et le redressement du pied, qui, en tournant autour de l'extrémité antérieure des métatarsiens, se met à 45 degrés avec l'horizon ; la direction du membre gauche devient de plus en plus inclinée par rapport au sol, et le centre de gravité est poussé en avant. Quant au membre droit, il s'est détaché du sol par la flexion toute passive du genou ; devenu flottant, il a suivi le mouvement de translation communiqué au tronc par l'extension du membre gauche, et a exécuté en même temps une demi-oscillation pendulaire qui l'a ramené dans une position telle, que le talon se trouve verticalement au-dessous des têtes des fémurs.

A ce moment, le pied droit touche le sol, d'abord par le talon et puis par la plante tout entière, le corps s'appuie sur la jambe du même côté, et la position est la même qu'au point de départ ; le centre de gravité du corps s'est avancé de la longueur d'*un pas.*

Nous avons déjà dit que, pour que l'extension d'un membre inférieur devînt un agent d'impulsion en avant, il était nécessaire que sa détente se fît dans une direction oblique de bas en haut et d'arrière en avant, et que par conséquent le centre de gravité du corps devait se maintenir, pendant toute la durée de la progression, à une hauteur au-dessus du sol moindre que dans la station verticale. Nous avons dit aussi que les mesures de E. et de W. Weber avaient complétement vérifié cette prévision. Cependant, ce mouvement de translation en avant ne s'effectue pas sans que le centre de gravité éprouve quelques oscillations verticales. Au moment où la jambe postérieure, devenue antérieure, a terminé sa demi-oscillation pendulaire et se pose à terre, le centre de gravité descend un peu au-dessous du plan horizontal dans lequel il s'était mû jusque-là. Mais au moment où la jambe antérieure fortement et perpendiculairement appuyée contre terre, commence à s'allonger, le centre de gravité est soulevé au-dessus du plan dans lequel il se mouvra plus tard d'une hauteur égale à celle dont il s'était précédemment abaissé. L'oscillation verticale descendante s'opère donc, à la fin, d'un pas, et l'ascendante au commencement du pas suivant. Ces oscillations, d'ailleurs, ont peu d'étendue ; E. et W. Weber ont prouvé que, dans la marche, le centre de gravité ne s'abaissait pas et ne s'élevait pas de plus de 16 millimètres au-dessous et au-dessus du plan moyen horizontal de déplacement, et comme ces oscillations descendantes et ascendantes sont très rapprochées l'une de l'autre, nous pouvons admettre, sans erreur sensible pour les résultats définitifs, que, dans la marche, le membre inférieur arc-bouté contre terre et qui sert d'agent d'impulsion, s'étend et se développe de façon à ce que ses deux extrémités restent appuyées contre deux plans parallèles, dont l'un est le sol, et l'autre un plan passant par les centres des têtes des fémurs, et situé à une hauteur moindre que la longueur du membre dans la station verticale.

D'après notre précédent exposé sur le mécanisme de la marche, la longueur d'un pas, c'est-à-dire le chemin que parcourt horizontalement le centre de gravité du corps pendant la durée d'un pas, dépend à la fois de l'allongement qui survient dans le membre arc-bouté contre terre par le fait de l'extension du genou et de l'articulation tibio-tarsienne, et de la direction plus ou moins oblique suivant laquelle se fait cette extension. Or, il est bien évident que, pour un même indi-

dividu, l'effet de l'extension sera d'autant plus considérable que le genou était lui-même plus fortement fléchi à l'origine du mouvement, ou, en d'autres termes, que le plan horizontal sur lequel doit se mouvoir le centre de gravité, sera moins élevé au-dessus du sol. De plus, cet abaissement du centre de gravité fait que l'extension du membre inférieur s'opère dans une direction plus inclinée. Pour cette double raison, l'homme fera des *pas* d'autant plus *longs* que son centre de gravité restera plus abaissé pendant la durée de la marche.

La marche ordinaire, telle que nous l'avons décrite, se compose de deux temps. Dans le premier temps, le corps est porté sur les deux jambes, et le membre postérieur placé en arrière achève son extension complète. Dans le second temps, le corps n'est plus porté que par le membre antérieur, et le membre postérieur accomplit une demi-oscillation. Or, comme cette demi-oscillation s'exécute suivant les lois du pendule, sa durée est nécessairement déterminée par la longueur du membre oscillant.

La durée du pas ordinaire se compose donc de deux parties : 1° le temps qu'emploie le membre postérieur à achever son extension ; 2° le temps, toujours le même pour une même hauteur du centre de gravité au-dessus du sol, qu'il met à accomplir la demi-oscillation. Dans la marche ordinaire, cette seconde partie est toujours plus longue que la première.

La première portion dépend de la rapidité avec laquelle l'homme complète l'extension du membre postérieur, et la seconde, du raccourcissement du membre oscillant, c'est-à-dire de l'abaissement du centre de gravité du corps vers la terre. De cette double manière, la durée du pas dépend, dans certaines limites, de la volonté du marcheur.

La vitesse de déplacement dans la marche dépend de la longueur des pas et de leur durée ; elle est en raison directe de la longueur et en raison inverse de la durée. Par suite, l'homme peut à volonté, et dans certaines limites, augmenter la vitesse de la marche ; le moyen le plus efficace pour atteindre ce but est d'abaisser le centre de gravité du corps, car alors, ainsi que nous l'avons vu, le pas devient plus long et il a moins de durée.

La marche peut acquérir un nouveau degré d'accélération par un mécanisme particulier qui la rapproche beaucoup de la course, sans toutefois lui faire perdre son caractère spécial consistant en ce que le corps n'est jamais complétement séparé du sol. En effet, nous savons que le premier temps du pas est employé tout entier à compléter l'extension du membre inférieur resté en arrière. Or, ce premier temps peut être non seulement abrégé, mais complétement supprimé. Il suffit pour cela, que pendant l'oscillation de la jambe flottante, le membre appuyé à terre acquière la plus grande longueur possible par l'extension complète du genou et de l'articulation tibio-tarsienne. De cette manière, au moment où la jambe flottante, ayant accompli sa demi-oscillation, se pose à terre par le talon, le membre postérieur complétement étendu se détache du sol. Le pas alors ne dure que le temps nécessaire à l'accomplissement de la demi-oscillation pendulaire, et le corps ne touche jamais la terre que par un seul pied. L'homme passe ainsi de la marche ordinaire à la *marche accélérée*.

Dans la marche la plus accélérée possible, le tronc atteint son maximum d'inclinaison en avant, le centre de gravité le maximum d'abaissement vers le sol, et les oscillations verticales du corps, à la fin d'un pas et au commencement du suivant,

sont moins fortes que dans la marche ordinaire. Le pas, étant réduit ainsi à un seul temps, a la même durée que la demi-oscillation pendulaire effectuée par le membre inférieur flottant.

Dans la marche, soit ordinaire, soit accélérée, telle que nous l'avons décrite jusqu'ici, nous avons eu soin de faire remarquer que le membre inférieur oscillant se posait toujours à terre par le talon. Cette espèce de marche peut donc être et sera désignée par la suite sous le nom de *marche sur le talon*, pour la distinguer d'une autre espèce de marche qui sera décrite plus tard.

Il résulte des nombreuses et belles expériences des frères Weber, qu'un homme de stature ordinaire peut acquérir, par la marche précipitée, un maximum de vitesse dont voici les éléments :

Longueur du pas.	$0^{m},8656$
Durée du pas.	$0'',332$
Vitesse de déplacement ou espace parcouru en 1''. .	$2^{m},608$
Chemin parcouru en 1 heure	9389^{m}.

Au lieu de chercher à accélérer la marche ordinaire, l'homme peut au contraire la ralentir. Ce ralentissement présente à considérer deux degrés qui correspondent à deux modifications assez importantes de la marche : ce sont la *marche lente* et la *marche grave* ou *processionnelle*.

Dans la *marche lente*, les deux temps du pas ordinaire sont conservés ; seulement la jambe flottante, au lieu de poser à terre au moment où elle a accompli sa demi-oscillation, dépasse la verticale d'un arc représentant une fraction plus ou moins considérable de la demi-oscillation suivante. Au moment où le pied rencontre le sol, au lieu d'être placé sous la tête du fémur, il est placé un peu en avant, et le membre est incliné d'avant en arrière et de bas en haut. Il résulte de là que : 1° le second temps du pas a une durée plus longue, puisque la jambe décrit plus d'une demi-oscillation avant de poser à terre ; 2° que la durée du premier temps du pas, pendant lequel le corps repose sur les deux membres inférieurs, est aussi plus longue. Les pas, pour cette double raison, se succèdent moins rapidement que dans la marche ordinaire. La longueur du pas est, il est vrai, plus considérable, puisque la jambe flottante dépasse la verticale passant par la tête du fémur et se pose à terre plus loin du pied postérieur que dans la marche ordinaire. Mais l'allongement du pas ne compense pas le ralentissement de son exécution, et la vitesse du déplacement du centre de gravité en avant est diminuée.

Dans la *marche grave*, le tronc est droit sur le bassin, le centre de gravité aussi élevé que possible. La jambe flottante décrit une oscillation entière avant de toucher le sol et seulement par la pointe du pied abaissée. La jambe antérieure est alors tellement inclinée sur le sol, que le poids du corps continue à porter tout entier sur le membre inférieur placé en arrière. Ce n'est que peu à peu et à mesure que ce dernier membre inférieur s'étend, que le pied placé en avant s'applique à terre de la pointe au talon. Alors, le poids du corps est rejeté sur le membre antérieur, et le postérieur peut à son tour quitter le sol. Le pas a ici ses deux temps comme dans la marche ordinaire, mais la durée du premier est considérablement augmentée ; nous en dirons autant du second pendant lequel la jambe flottante opère une oscillation entière. Les pas s'effectuent donc beaucoup plus lentement. De plus, comme le centre de gravité est placé aussi haut que possible au-dessus du sol, l'allongement

des membres inférieurs est très peu considérable, et par conséquent la longueur du pas est très raccourcie. Ainsi, la marche grave est composée de pas plus courts et moins fréquents dans un temps donné. La vitesse de progression est donc considérablement diminuée.

Dans les diverses variétés de marche dont nous nous sommes occupé jusqu'ici, le *pied de la jambe oscillante s'appliquait toujours à terre par toute l'étendue de la plante.* Il existe une dernière espèce de marche qui peut être, comme la précédente, lente, ordinaire ou rapide, mais dans laquelle le pied ne touche jamais le sol que par les phalanges des orteils et les extrémités des métatarsiens et que, pour cette raison, nous appellerons *marche sur la pointe du pied.* Tout ce qui a été dit précédemment de la marche sur le talon s'applique à la marche sur la pointe du pied. Pour compléter son histoire nous n'avons qu'un mot à ajouter, c'est que l'homme marchant sur la pointe du pied ne peut pas atteindre un degré de vitesse aussi considérable que dans le cas où le pied s'applique sur le sol, d'abord par le talon et puis par toute l'étendue de la plante. Il résulte, en effet, des mesures de E. et de W. Weber, que la plus grande vitesse que l'homme puisse acquérir, dans cette variété du mode de progression, est représentée par les éléments suivants :

Longueur du pas.	$0^{m},758$
Durée du pas	$0'',323$
Vitesse de déplacement ou espace parcouru en 1". .	$2^{m},347$
Chemin parcouru en 1 heure.	8450^{m}.

On voit, en comparant les résultats obtenus dans le cas actuel avec ceux fournis par la marche rapide sur le talon, que lorsque l'homme s'appuie seulement sur les orteils, il exécute des pas plus rapides, mais notablement plus courts. C'est cette dernière circonstance qui ralentit son mouvement de progression.

Quelques auteurs ont admis que, dans la marche, le corps effectuait autour des têtes des fémurs des mouvements alternatifs de torsion à droite et à gauche. Sans doute, ces déplacements ont été observés quelquefois, mais ils sont anormaux, et dans la marche régulière chez un sujet bien conformé, rien de semblable ne se produit. D'ailleurs, l'action du membre inférieur arc-bouté contre terre qui, à la fois, soutient le corps et le pousse en avant, peut toujours être maintenue dans une direction telle, que l'impulsion communiquée au centre de gravité ne s'écarte pas du plan vertical dans lequel il se meut. La jambe oscillante, agissant à l'extrémité d'un bras de levier égal à la distance des têtes des fémurs, pourrait, il est vrai, entraîner le corps de son côté et produire ce mouvement de torsion. Mais cet effet est détruit par le mouvement des bras qui oscillent, celui du côté de la jambe flottante en sens inverse, et l'autre dans le même sens que la jambe elle-même. Ces trois oscillations isochrones et alternativement opposées de la jambe et des deux bras, se neutralisent complétement, et le corps n'a aucune tendance à tourner sur les têtes des fémurs. Cette circonstance nous explique la difficulté que l'homme éprouve à marcher un peu vite, lorsque les bras fixés au corps ne peuvent osciller.

De la course.

En abaissant de plus en plus son centre de gravité et en dirigeant les mouvements

de ses membres inférieurs de manière à toucher au sol, tantôt par un pied et tantôt par l'autre, mais jamais par les deux à la fois, l'homme peut arriver à une vitesse de locomotion assez considérable en conservant à la marche son caractère spécial, c'est-à-dire en ne séparant jamais complétement son corps de la terre. Mais cette vitesse est limitée à la fois par la longueur de l'écartement que les deux jambes peuvent atteindre et par la durée de la demi-oscillation du membre inférieur flottant. Pour donner à son déplacement, dans l'espace, un degré de vitesse plus considérable, l'homme doit changer de mode de progression et alors il a recours à la *course.*

La *course* est un mode de progression dans lequel, à un certain moment et pendant un certain temps, le corps est complétement séparé du sol et les deux jambes oscillent librement dans l'atmosphère à la manière de deux pendules.

La marche se compose d'une succession de *pas* dans lesquels le corps s'appuie alternativement sur deux pieds et sur un seul. La course se compose d'une succession de *sauts* dans lesquels alternativement le corps touche à terre par un seul pied et flotte dans l'atmosphère complétement séparé du sol.

Dans la course, le temps pendant lequel une jambe arc-boute contre terre est toujours plus court que celui pendant lequel elle flotte et oscille. Dans la marche ordinaire ou lente, c'est le contraire qu'on observe ; la marche précipitée est caractérisée par l'égalité de ces deux temps.

Il y a aussi, dans la manière d'agir de la force d'extension des membres inférieurs sur le centre de gravité du corps, une très grande différence entre la marche et la course. Dans la marche, en effet, le corps, continuellement appuyé ou sur les deux pieds à la fois ou sur un seul, est toujours soutenu, reçoit une impulsion graduée et continue ; dans la course, au contraire, le corps ne touche au sol que de temps en temps et ne peut recevoir des membres inférieurs que des impulsions saccadées, qui le poussent en avant et l'empêchent de tomber trop vite à terre pendant qu'il flotte dans l'espace, abandonné à l'action de la pesanteur.

Voyons d'abord par quelle succession de formes et de positions passent les diverses parties du corps et surtout les membres inférieurs pendant la durée des divers *sauts* dont se compose la course.

L'homme qui va courir est porté sur le membre inférieur gauche dont le pied, incliné à 45 degrés sur l'horizon, ne touche le sol que par les phalanges et les extrémités des métatarsiens ; l'articulation du genou est fortement fléchie et le centre de gravité du corps très abaissé. Le tronc est fortement penché en avant et le plan vertical, mené par les centres des têtes des fémurs, passe par la base de sustentation du pied gauche. Le membre inférieur droit, rejeté en arrière, à demi fléchi et détaché du sol, est prêt à osciller d'arrière en avant à la manière d'un pendule.

Tout à coup et très rapidement, le membre inférieur gauche s'allonge par l'extension complète du genou et de l'articulation tibio-tarsienne ; le pied gauche s'est relevé à angle droit sur le sol, et déjà le membre droit a accompli une portion de son oscillation pendulaire. A la fin de ce premier temps de la course, le membre inférieur gauche est dans l'extension la plus complète et très fortement incliné à l'horizon ; l'oscillation pendulaire du membre inférieur droit l'a ramené de la position postérieure qu'il occupait d'abord, à une position antérieure, de manière que le talon droit se trouve verticalement au-dessous de l'extrémité supérieure du tiers inférieur de la cuisse gauche. C'est le *premier temps du saut.*

Cette détente du membre inférieur gauche s'est opérée dans une étendue et avec

une vitesse telles, que la quantité de mouvement communiquée au corps a été assez considérable pour le détacher du sol et le lancer dans l'espace. A partir de ce moment, les deux jambes flottent et oscillent d'arrière en avant comme des pendules. La jambe droite, que nous savons être devenue antérieure, achève la première sa demi-oscillation ; l'extrémité antérieure des métatarsiens atteint le plan vertical mené par les centres des têtes des fémurs. Pendant que la jambe droite a ainsi achevé sa demi-oscillation, la jambe gauche a accompli une portion de la sienne. Là finit le *second temps du saut*.

Alors le pied droit s'appuie à terre par les phalanges et les extrémités des métatarsiens, le *premier saut* est accompli.

Le corps se retrouve tout entier dans la position que nous avons décrite à l'origine du mouvement ; seulement la jambe droite est à terre en place de la jambe gauche, et celle-ci est flottante et oscillante en place de la droite.

Pendant la durée des deux temps dont se compose le saut, le centre de gravité du corps poussé en avant par la détente du membre inférieur arc-bouté contre terre, a progressé de tout l'espace qui sépare le lieu où s'appuyait primitivement le pied gauche, de celui où le pied droit est venu s'appliquer après avoir décrit sa demi-oscillation. Cet espace est la mesure de la *longueur du saut*.

Au commencement du saut, le corps est projeté obliquement d'arrière en avant et de bas en haut par la détente du membre inférieur appuyé contre terre. Le corps, devenu flottant, continue à monter en même temps qu'il avance, puis il tombe en avançant toujours en vertu des lois de la pesanteur jusqu'à ce que l'autre membre inférieur ait accompli sa demi-oscillation et le soutienne en arc-boutant contre terre. Le centre de gravité du corps éprouve donc des oscillations verticales : c'est un résultat nécessaire de ce mode de progression. Ces oscillations existent en effet, mais elles sont un peu plus petites que dans la marche. Les mesures des frères Weber prouvent qu'elles ne dépassent pas 20 millimètres, c'est-à-dire que, dans l'étendue d'un saut, le centre de gravité ne s'élève et ne s'abaisse alternativement que de 10 millimètres au-dessus et au-dessous du plan horizontal moyen sur lequel il se déplace.

On a vu, plus haut, comment, à mesure que la marche s'accélérait, le centre de gravité du corps s'abaissait vers la terre, comment cet abaissement du centre de gravité rendait le pas plus long et plus rapide, et constituait la principale différence qui existe entre la marche rapide et la marche ordinaire. Dans la course, le centre de gravité est situé encore plus bas que dans la marche la plus accélérée. Il résulte de là que, au moment de la détente du membre inférieur posé contre terre, l'allongement de ce membre dans la course surpasse de 30 à 40 millimètres celui qu'on observe dans la marche rapide. Cette circonstance influe beaucoup sur l'énergie de l'impulsion donnée au corps et sur l'étendue du saut. Il sera facile maintenant d'expliquer pourquoi la vitesse de progression est plus considérable dans la course que dans la marche la plus rapide.

La vitesse du déplacement est en raison directe de la longueur et en raison inverse de la durée du pas ou du saut dans la marche ou la course.

Or, dans la marche, la longueur du pas dépend uniquement de la hauteur du centre de gravité au-dessus du sol, puisque de cette hauteur dépendent le degré d'allongement qu'éprouve le membre arc-bouté contre terre quand il passe à l'extension complète, et l'inclinaison suivant laquelle s'opère cette extension. Déjà, dans la course, le centre de gravité étant situé plus bas, l'allongement du membre

est plus considérable et l'inclinaison est plus prononcée ; donc aussi, le saut serait déjà plus long que le pas. Mais, outre l'espace parcouru en vertu de l'allongement du membre inférieur arc-bouté contre terre, le *saut* comprend tout l'intervalle dont se déplace en avant le centre de gravité, pendant que le corps abandonné à lui-même se meut à la manière d'un projectile. Par cette double raison, le *saut* de la course rapide est plus long que le *pas* de la marche accélérée.

Dans la marche, la durée du pas ne peut pas être plus courte que celle d'une demi-oscillation du membre inférieur, puisque cette demi-oscillation s'opère tout entière pendant la durée d'un pas. Dans la course, le membre inférieur accomplit aussi une demi-oscillation avant de poser à terre : mais d'abord le membre est plus raccourci que dans la marche, et, représentant par conséquent un pendule plus court, il lui faut moins de temps pour accomplir la demi-oscillation ; en second lieu, une partie de cette demi-oscillation est déjà effectuée quand le saut commence, puisque, pendant le second temps du saut précédent, alors que le corps était séparé de terre, les deux jambes oscillaient à la fois. Le saut n'a donc pour durée que le temps correspondant à une fraction de la demi-oscillation du membre inférieur. Il résulte évidemment de là que, dans un temps donné, un homme qui court effectuera un plus grand nombre de sauts successifs qu'il n'aurait fait de pas en se livrant à la marche la plus rapide.

Ainsi, d'une part, le saut de la course est plus long que le pas de la marche ; d'autre part, la durée du premier est moindre que celle du second : par conséquent, le maximum de vitesse de déplacement que l'homme peut atteindre doit être plus considérable dans la course que dans la marche.

Pour dissiper toute incertitude sur la valeur et l'exactitude de cette conclusion, il suffit de rapprocher dans un même tableau les résultats de vitesse maximum, fournis par les expériences de E. et de W. Weber dans la marche sur la pointe du pied, dans la marche sur le talon et dans la course.

	Marche sur la pointe du pied.	Marche sur le talon.	Course.
Longueur du pas ou du saut . .	0^{m},7580	0^{m},8656	1^{m},7270
Durée du pas ou du saut. . . .	0″,323	0″,332	0″,227
Vitesse de déplacement ou espace parcouru en 1″.	2^{m},347	2^{m},608	7^{m},600
Espace parcouru en 1 heure . .	8450^{m}	9389^{m}	27360^{m}

Ainsi, si le maximum de vitesse que la course est susceptible d'atteindre pouvait être soutenu sans fatigue excessive, l'homme parcourrait en une heure l'espace énorme de 7 lieues de 4 kilomètres chacune.

Du trotter.

Outre la plus grande vitesse de déplacement, la course est aussi caractérisée par l'étendue des enjambées. Cette dernière circonstance fait que ce mode de progression s'adapte mieux que la marche aux exigences de certains terrains dont tous les points ne sont pas susceptibles de prêter au corps un appui convenable ; comme, par exemple, quand il s'agit de traverser un espace boueux ou inondé en plaçant successivement les pieds sur des pierres disposées de distance en distance. Mais la course a l'inconvénient d'entraîner très rapidement une dyspnée notable et une

grande accélération des battements du cœur. Ces accidents, dont la cause réside bien plus dans la rapidité des mouvements des deux membres inférieurs que dans la grandeur des efforts exigés par la course, s'opposent à ce que ce mode de progression puisse être longtemps soutenu. D'ailleurs, lorsque la course a acquis une grande vitesse, il devient difficile de bien diriger tous ses mouvements et surtout de s'arrêter tout à coup et sur place. Sur un terrain inégal, il y aurait donc danger de voir le pied porter à faux ou de se précipiter, malgré soi, dans un lieu qu'on aurait voulu éviter et qu'on aurait aperçu trop tard. Dans ce cas-là, le *trotter* devient un mode de progression précieux ; il partage avec la course les avantages des grandes enjambées, et il n'a pas les inconvénients que nous venons de signaler.

Comme la course, le trotter se compose d'une série de sauts pendant lesquels le corps est alternativement posé sur un seul pied et flottant dans l'espace sans toucher terre. Malgré ces ressemblances fondamentales, il existe entre ces deux modes de progression des différences assez considérables pour nécessiter une étude détaillée.

Dans la course, l'impulsion ascendante, communiquée au corps par la détente du membre inférieur arc-bouté contre terre, est assez oblique à l'horizon pour que, au moment où la jambe flottante antérieure a achevé sa demi-oscillation et s'est placée dans le plan vertical qui passe par les centres des têtes des fémurs, la descente du centre de gravité soit achevée ; le pied alors s'appuie fortement sur le sol et soutient le poids du tronc. Dans le trotter, cette impulsion ascendante est plus énergique et dans une direction plus rapprochée de la verticale. Dès lors, au moment où la jambe flottante antérieure a achevé sa demi-oscillation, le centre de gravité du corps n'est pas encore assez descendu pour que le pied touche à terre. La jambe continue donc à flotter et le corps à descendre. Ce n'est que quand la jambe a décrit une oscillation complète, que le centre de gravité a achevé son mouvement de descente et que le pied peut atteindre le sol par son extrémité antérieure. Mais le membre inférieur est trop fortement incliné sur le plan vertical passant par les centres des têtes des fémurs, pour que la jambe puisse offrir au tronc un appui efficace. Aussi elle ne fait que toucher le sol sans arc-bouter ; le corps, en vertu de la vitesse acquise, continue à se mouvoir obliquement en avant et en bas jusqu'à ce que la tête du fémur vienne se placer verticalement au-dessus des extrémités antérieures des métatarsiens posés sur le sol. C'est à ce moment seulement que le membre inférieur arc-boute contre terre et soutient le poids du corps. Là, finit aussi le saut du trotter, et la jambe en se débandant va commencer le saut suivant.

Le saut du trotter se compose donc de trois temps :

1er *temps.* — Un membre inférieur seul, arc-bouté contre le sol, s'allonge par le redressement brusque et subit de toutes les articulations, et lance le corps de bas en haut et d'arrière en avant, pendant que l'autre membre inférieur oscille dans l'espace comme un pendule.

2e *temps.* — Le corps, complétement séparé du sol, monte, puis descend, les deux jambes oscillent. Mais celle qui, pendant le premier temps, était librement suspendue dans l'espace, se place verticalement au-dessous de la tête du fémur, passe outre, achève son oscillation, et la pointe du pied atteint la terre sans la presser.

3e *temps.* — La jambe restée flottante continue à osciller. Le corps, obéissant à la vitesse acquise, continue à descendre en avançant jusqu'à ce que la tête du fémur se place verticalement au-dessus des extrémités des métatarsiens appuyés contre terre. A ce moment, le corps cesse de descendre, soutenu qu'il est par le membre inférieur.

Il suffit de rapprocher cette description de celle de la *marche grave* ou *processionnelle*, pour demeurer convaincu de la justesse de cette proposition de Weber : « Le trotter est à la course ce que la marche grave est à la marche rapide. »

Le saut du trotter a nécessairement plus de durée que le saut de la course. En effet, d'un côté, la jambe flottante, avant de toucher terre, décrit, dans le trotter, une demi-oscillation de plus que dans la course ; de l'autre, après que le pied a atteint le sol, le centre de gravité parcourt encore tout l'espace qui le sépare de la verticale passant par les extrémités des métatarsiens posés à terre, c'est-à-dire la longueur d'une demi-oscillation. Cependant la durée du saut dans le trotter n'est pas aussi longue qu'on pourrait le croire d'après ce qui précède. Cela tient à ce qu'une très grande partie de l'oscillation entière que décrit la jambe, a eu le temps d'être parcourue pendant le saut antécédent. L'observation démontre que la durée du saut, dans le trotter, est à peu près double de ce que nous l'avons trouvée dans la course.

Dans le trotter, le corps exécute des oscillations verticales comme dans la course et la marche ; mais ici ces oscillations sont beaucoup plus prononcées que dans tous les autres modes de progression.

Le tronc est aussi moins incliné dans le trotter que dans la course.

Le saut, dans le trotter, a une longueur très variable. Il surpasse toujours le pas de la marche rapide, il est généralement inférieur au saut de la course. Cependant il peut surpasser en étendue celui de la course la plus rapide, mais il nécessite alors une dépense musculaire très considérable, car la jambe doit se détendre avec une extrême rapidité pour communiquer au corps une très grande force ascensionnelle.

Toutes ces circonstances doivent introduire de très grandes différences dans la rapidité que le mouvement de locomotion peut atteindre dans le trotter. D'après les recherches de W. Weber, cette vitesse varie dans les limites suivantes :

	Trotter le plus lent.	Trotter le plus rapide.
Longueur du saut.	1m,243	1m,977
Durée du saut	0",460	0",404
Vitesse de déplacement ou espace parcouru en 1".	2m,702	4m,894
Espace parcouru en 1 heure. . .	9727m	17618m

Ainsi, à la limite inférieure, la vitesse du trotter est à peu près la même que celle de la marche la plus rapide sur le talon, tandis que, à la limite supérieure, elle atteint les deux tiers de celle de la course la plus précipitée.

Du saut.

Dans le saut, que nous avons déjà eu occasion de mentionner à propos de la course et du trotter, le corps tout entier se détache du sol et flotte dans l'atmosphère à la manière d'un projectile. Ce mode de locomotion est toujours exceptionnel pour l'homme ; il peut s'exécuter verticalement, ou d'arrière en avant, ou d'avant en arrière. Pour en bien comprendre le mécanisme, il est nécessaire d'analyser les attitudes et les mouvements divers qui le précèdent et le préparent.

1° *Saut vertical et à pieds joints.* — Les pieds sont rapprochés, les plantes détachées du sol jusqu'aux extrémités des métatarsiens. La jambe est fléchie sur le pied, et la cuisse sur la jambe. Le tronc lui-même est incliné en avant, et les

bras, appliqués au corps, pendent librement à droite et à gauche. Dans cette position, le corps repose seulement sur les orteils, le centre de gravité est notablement abaissé et placé sur une verticale qui tombe sur le milieu de la ligne des extrémités des métatarsiens. C'est le long de cette verticale que va s'opérer l'ascension du centre de gravité pendant le redressement des articulations fléchies ; et la ligne des extrémités métatarsiennes est l'axe autour duquel s'opéreront tous les mouvements ultérieurs. Par cet état de flexion des articulations, les diverses portions du corps se trouvent placées alternativement en arrière et en avant de la verticale du centre de gravité. Ainsi, en bas, le pied depuis l'extrémité métatarsienne jusqu'au talon, l'articulation tibio-tarsienne et la partie inférieure de la jambe, en haut, la portion supérieure de la cuisse, l'articulation coxo-fémorale, le sacrum et les parties inférieures de la colonne vertébrale sont situés en arrière de cette verticale ; tandis que, en bas, la partie supérieure de la jambe, l'articulation du genou et la partie inférieure de la cuisse, et, en haut, la partie supérieure de la colonne vertébrale sont situées en avant de cette même verticale.

Tout à coup, les muscles se contractent, le pied se relève sur les extrémités des métatarsiens, et les articulations tibio-tarsienne, fémoro-tibiale et coxo-fémorale se redressent ; toutes les parties du corps placées en arrière de la verticale du centre de gravité sont poussées en avant et en haut, tandis que toutes les parties situées en avant de cette verticale sont poussées en arrière et en haut, et le centre de gravité du corps se meut de bas en haut le long de cette verticale avec une vitesse qui dépend de la rapidité du redressement des articulations elles-mêmes. A un moment donné, le mouvement de redressement s'arrête, les articulations se roidissent, le tronc et les membres ne forment plus qu'une tige rigide et ondulée. Certaines parties déterminées de cette tige sont sollicitées par des forces dirigées de bas en haut et d'arrière en avant, et d'autres par des forces dirigées de bas en haut et d'avant en arrière. Ces forces se composent en une résultante unique verticale appliquée au centre de gravité.

Au moment donc où le mouvement d'extension des articulations s'arrête, le centre de gravité du corps est soumis, d'une part, à l'action de la pesanteur, d'autre part, à une impulsion de sens inverse créée par le redressement des articulations. Lorsque le mouvement d'extension des articulations aura eu assez d'étendue et de rapidité pour que l'impulsion verticale qui en résulte surpasse l'action de la pesanteur, le corps se détachera de terre et montera verticalement dans l'atmosphère jusqu'à ce que l'action incessante de l'attraction terrestre ait détruit son effet.

L'élévation à laquelle le corps peut parvenir dans le saut dépend donc uniquement de l'intensité de l'impulsion acquise au moment où le redressement des articulations s'arrête. Or, cette impulsion elle-même dépend de l'étendue et de la rapidité du redressement produit : toutes choses égales d'ailleurs, le saut sera donc d'autant plus élevé que la flexion aura été plus complète ; et, à flexion égale, plus l'énergie de la contraction musculaire sera considérable et plus les membres inférieurs auront de longueur, plus aussi le saut aura d'amplitude. Cette circonstance nous explique pourquoi les animaux sauteurs ont des membres postérieurs si longs et munis d'un appareil musculaire d'une si grande puissance.

Les membres pectoraux servent aussi, chez l'homme, à faciliter le saut vertical. Au moment, en effet, où les articulations des membres inférieurs s'étendent, les avant-bras sont, par un mouvement rapide, fortement fléchis sur les bras. Il en

résulte une impulsion verticale qui s'ajoute à celle provenant de l'allongement des muscles inférieurs et augmente l'amplitude du saut.

2° *Saut d'arrière en avant et à pieds joints.* — La position est la même que dans le cas précédent ; seulement le pied repose à terre par toute la plante. Puis, au moment du saut, le pied se relève rapidement autour des extrémités des métatarsiens, et l'extension du genou se fait surtout par une projection de la cuisse en avant. Il résulte de là que le centre de gravité se meut de bas en haut et d'arrière en avant, et que les impulsions dirigées dans ce sens l'emportent en intensité sur celles qui poussent d'avant en arrière et de bas en haut. Dès lors, au moment où le mouvement d'extension cesse, le corps tout entier est emporté en haut et en avant, quitte terre et décrit une parabole, comme un projectile lancé obliquement à l'horizon. De plus, les bras balancés autour de leurs articulations scapulo-humérales, sont violemment projetés en avant, ce qui contribue encore à augmenter le mouvement d'impulsion dans le sens du déplacement.

Le saut d'arrière en avant s'exécute dans une autre position initiale : une jambe étant placée en avant de l'autre, le poids du corps repose alors sur la jambe postérieure fortement fléchie, la jambe antérieure ne faisant que poser à terre. Tout à coup, la jambe postérieure se détend, pousse le centre de gravité en haut et en avant, puis la jambe antérieure s'étend à son tour, continue l'impulsion, et le corps tout entier est lancé en haut et en avant comme un projectile. Dans ce cas, souvent le saut est précédé d'un temps de course préalable : c'est ce qu'on appelle *prendre son élan.* Il est évident que, dans ce cas, la vitesse acquise pendant la course s'ajoute à l'impulsion finale communiquée par la détente successive des deux jambes et que le saut a plus d'amplitude. Ce procédé est employé, quand on veut franchir, par le saut, une longue distance horizontale.

3° *Saut d'avant en arrière et à pieds joints.* — La position est la même que dans le cas du saut d'arrière en avant et à pieds joints. Au moment de la détente, les pieds restent appliqués à terre, la jambe se relève rapidement sur le pied, et le tronc sur la cuisse. Évidemment alors le centre de gravité du corps se déplace d'avant en arrière et de bas en haut et les impulsions antéro-postérieures l'emportent sur celles du sens opposé. A l'instant donc où le mouvement de redressement cessera, la résultante de toutes les impulsions sera dirigée d'avant en arrière et de bas en haut, le corps se détachera du sol et le déplacement s'exécutera en arrière. Dans le saut antéro-postérieur, l'amplitude est toujours moins considérable que dans le saut dirigé d'arrière en avant.

L'homme peut aussi sauter en s'appuyant à terre par un seul pied. Le mécanisme est le même, mais, dans ce cas, le poids restant le même et l'impulsion étant moins énergique, le déplacement a nécessairement moins d'amplitude.

De la natation.

Le poids spécifique moyen du corps de l'homme est sensiblement supérieur à celui de l'eau des rivières, des lacs et même de la mer. Abandonné à lui-même, sans mouvements, dans une masse d'eau courante ou stagnante, l'homme plonge rapidement au-dessous de la surface libre du liquide, et puis tombe lentement au fond. Cependant, lorsque la poitrine est largement distendue par une inspiration profonde, l'immersion n'est pas complète, et le corps peut flotter à la surface jusqu'à ce que le besoin de renouvellement de l'air emprisonné dans le thorax

détermine une expiration. Malgré cet excès de poids spécifique, l'homme peut néanmoins parvenir à nager, c'est-à-dire à glisser à la surface de l'eau dans une direction déterminée.

Quel que soit d'ailleurs le mode de natation qu'il choisisse, le nageur agite rapidement ses membres autour de lui, d'une part, pour augmenter la masse d'eau déplacée et soutenir son corps à la surface ; d'autre part, pour trouver dans la résistance du liquide un point d'appui qui lui serve à progresser suivant telle ou telle direction.

Natation sur le dos. — Le corps est étendu horizontalement, le dos tourné vers le fond de la masse liquide ; les membres abdominaux sont dans l'extension complète, les bras étendus et appliqués au corps; les mains, ouvertes, sont placées horizontalement, et les doigts allongés et maintenus les uns contre les autres; la tête est légèrement renversée en arrière. Dans cette position, toutes les parties du corps sont plongées dans l'eau, à l'exception de la face qui reste au-dessus de la surface du liquide. Il suffit alors d'agiter rapidement les mains autour de l'articulation du poignet, de manière à leur imprimer une espèce de frémissement dirigé de dedans en dehors et de haut en bas, pour que le corps tout entier flotte dans sa position initiale. Les mains, en effet, en frappant ainsi obliquement le liquide à peu près au niveau du centre de gravité du corps, augmentent la masse d'eau déplacée, et impriment au système tout entier une poussée dirigée de bas en haut. Ces deux effets, quoique très minimes, sont suffisants pour maintenir le corps en équilibre à la surface de l'eau. L'homme, dans ce cas, *fait la planche.*

Dans cette position, il fléchit les avant-bras sur les bras; en même temps il fléchit les genoux et les articulations coxo-fémorales, de manière que les pieds soient ramenés sur la ligne médiane et le plus près possible du tronc. Puis, tout à coup il allonge violemment les membres abdominaux et frappe l'eau ; il étend aussi rapidement les avant-bras, de façon à raser les côtés du corps avec le bord externe des mains légèrement redressées; dans ce mouvement, l'eau est fortement et obliquement refoulée d'avant en arrière et de haut en bas par la plante des pieds et la paume des mains. Il en résulte une poussée de sens inverse, c'est-à-dire dirigée d'arrière en avant et de bas en haut, qui s'exerce sur le corps tout entier, le maintient à la surface et le fait progresser en ligne droite, la tête en avant. L'homme, en répétant rapidement et simultanément ces mouvements de flexion et d'extension des membres abdominaux et pectoraux, nage d'une manière facile et rapide. Seulement, dans cette situation, il ne voit pas le but vers lequel il se dirige, et peut aller frapper de la tête contre quelque obstacle placé sur son chemin. D'ailleurs, si les mouvements des jambes et des bras ne sont pas parfaitement coordonnés, la tête plonge tout entière au-dessous de la surface du liquide. Aussi, quoique ce genre de natation soit très facile, l'homme ne l'adopte ordinairement que d'une manière transitoire, et bien plus comme position de repos que comme mode de progression rapide.

Natation sur le ventre. — Le corps est placé obliquement dans l'eau, cependant dans une position beaucoup plus rapprochée de l'horizontale que de la verticale ; la tête seule est au-dessus de la surface. Les articulations des membres inférieurs et des membres supérieurs sont fléchies. Les pieds, unis par les talons, sont ramenés très près du tronc, les plantes tournées en arrière et en dehors; les mains, ouvertes et unies par leur côté externe, sont appliquées contre la partie

supérieure du thorax, et les doigts juxta-posés sont horizontalement dirigés en avant. Alors commence la série des mouvements suivants :

1er *temps*. — Toutes les articulations se redressent violemment ; les membres abdominaux et thoraciques s'allongent, le corps ne forme plus qu'une tige droite et rigide, terminée en avant par les deux mains étendues horizontalement et réunies sur la ligne médiane, en arrière par les pieds légèrement écartés l'un de l'autre et la pointe en dehors et en bas. Pendant cette détente rapide des membres abdominaux, l'eau est violemment frappée d'avant en arrière et de haut en bas par la plante des pieds ; il en résulte une poussée de sens inverse, qui sollicite le corps à se mouvoir en haut et en avant. Les membres supérieurs, d'ailleurs, en s'allongeant, présentent à l'eau un plan incliné, tranchant, offrant peu de résistance au déplacement, en sorte que leur projection en avant entraîne le corps dans la même direction. La masse tout entière se meut donc d'arrière en avant, avec une vitesse qui dépend évidemment de la rapidité avec laquelle s'est exécuté le mouvement d'extension. A mesure que le corps chemine, il frappe l'eau avec le thorax obliquement dirigé ; de là naît une résistance qui diminue graduellement la vitesse du déplacement, mais qui aussi soutient la partie antérieure du corps et l'empêche de plonger. C'est à cet effet qu'il faut rapporter le mouvement ascensionnel des épaules au-dessus de la surface de l'eau, au moment de la plus forte impulsion. En vertu de la vitesse acquise, l'homme continue à glisser en avant, mais d'un mouvement qui va sans cesse se ralentissant, à cause de la résistance du liquide.

2e *temps*. — Bientôt les mains se séparent, la paume dirigée en dehors et en bas. Elles s'écartent lentement par un mouvement dont le centre est l'articulation scapulo-humérale, et puis, par la flexion des articulations du coude et de l'épaule, sont graduellement ramenées à leur position primitive, en avant du thorax. En même temps, les membres abdominaux se replient lentement sur eux-mêmes, et la position est la même qu'à l'origine du mouvement. Pendant ce deuxième temps, les mains ont évidemment joué le rôle de deux rames destinées à soutenir le corps dans sa position, et à lui communiquer une légère impulsion en avant.

L'ensemble de ces deux temps constitue une *nagée* dont l'amplitude dépend surtout de l'énergie avec laquelle l'eau a été frappée par les pieds pendant la détente des membres abdominaux.

La natation ressemble beaucoup au saut ; mais ici une grande partie de la force créée par l'extension des jambes est perdue, parce que la résistance du liquide n'est pas absolue comme celle du sol.

Les modes de nager sont extrêmement variés, mais leur mécanisme au fond est le même, et nous en avons dit assez pour qu'il soit facile de comprendre de quelle façon l'homme et les divers animaux parviennent à flotter à la surface des eaux, en imprimant à leur corps un mouvement de translation dans une direction déterminée.

Du vol et de la reptation.

Ces deux modes de locomotion étant complétement étrangers à l'homme, nous nous contenterons d'exposer en très peu de mots les phénomènes principaux qui les caractérisent.

Du vol. — Pour voler, l'oiseau commence par déployer ses ailes en haut et

latéralement, puis il les abaisse rapidement de manière à frapper l'air directement de haut en bas ou bien obliquement de haut en bas et d'avant en arrière; puis, enfin, il les reploie et les ramène au corps. En vertu de ces trois mouvements successifs et rapidement répétés, il parvient à se soutenir, à s'élever dans l'atmosphère et à progresser horizontalement dans une direction déterminée.

Pendant leur déploiement, les ailes présentent toujours leurs tranches dans le sens du déplacement, et, par conséquent, ne rencontrent pas de résistance sensible. Les mêmes circonstances se reproduisent pendant que les ailes se reploient pour s'appliquer au corps. Ainsi, pendant le premier et le troisième temps du vol, les ailes exécutent leurs mouvements sans rencontrer de résistance appréciable, et, par conséquent, ne peuvent communiquer au corps de l'oiseau aucune espèce de mouvement.

C'est pendant le second temps du vol, quand l'aile développée en haut et en dehors s'abaisse rapidement, que le corps reçoit l'impulsion. En effet, l'aile complétement étalée présente une grande surface; mise en mouvement par les muscles pectoraux, elle ne peut s'abaisser qu'à la condition de déplacer une grande masse d'air et de rencontrer une grande résistance. Lorsque la contraction musculaire est très rapide, l'aile, pour obéir à cette traction, serait obligée de surmonter une résistance supérieure à celle qu'il faudrait pour mouvoir le corps entier en sens inverse. Dès ce moment l'air joue le rôle de point d'appui, tout se passe comme si l'attache humérale des muscles pectoraux était un obstacle invincible, et l'animal soulevé se meut dans l'espace à la manière d'un projectile. Quand le choc a lieu directement de haut en bas, l'oiseau monte verticalement; quand, au contraire, l'aile s'abaisse obliquement de haut en bas et d'avant en arrière, l'impulsion progressive s'exerce en sens inverse de bas en haut et d'arrière en avant.

La queue de l'oiseau, étalée et susceptible de prendre des positions variées autour des points d'attache des plumes, remplit le rôle d'un véritable gouvernail, et sert à diriger la partie antérieure du tronc en haut, en bas, à droite ou à gauche, selon le sens suivant lequel elle reçoit elle-même le choc de l'air pendant le vol. Chez les oiseaux dont la queue est très courte, les pattes, rejetées en arrière et agitées à la manière des membres abdominaux des nageurs, remplissent un office de même genre et aident à la locomotion aérienne.

De la reptation. — Bien que les modes de reptation soient très variés, le mécanisme de ce genre de locomotion reste au fond toujours le même. L'animal adhère au sol alternativement par son extrémité antérieure et par son extrémité postérieure. C'est la partie fixée qui joue le rôle d'appui pour la projection ou la traction, tandis que la partie opposée cède à l'impulsion communiquée. Lorsque l'animal tient au sol par la partie antérieure, la contraction des muscles du dos entraîne en avant le train postérieur; le corps quelquefois se raccourcit dans le sens antéro-postérieur, et même s'incurve d'une manière très prononcée dans un plan vertical ou dans un plan horizontal, comme chez les serpents. Alors l'extrémité postérieure à son tour devient adhérente, la partie antérieure se détache, et, obéissant à l'action musculaire, est projetée en avant. La répétition de ces mouvements alternatifs détermine la progression de l'animal.

Les organes, à l'aide desquels s'effectue l'adhérence des parties, varient avec les espèces animales. La sangsue se sert des ventouses placées aux extrémités de son corps; certains animaux se servent de soies ou de moignons de pattes cou

verts d'aspérités. Les reptiles, munis de deux paires de membres, utilisent à cet effet leurs pattes antérieures et postérieures alternativement projetées en avant. Pendant que les serpents glissent horizontalement à la surface du sol, leur corps est fractionné en un certain nombre de parties qui s'incurvent en sens inverse les unes des autres, et qui adhèrent alternativement à la terre, au moyen des côtes et des écailles.

DE LA VOIX (1).

DU SON ET DES PRINCIPAUX INSTRUMENTS APTES A SA PRODUCTION.

Notions préliminaires.

La *voix* est un son que l'homme et certains animaux font entendre en chassant l'air de leurs poumons à travers la *glotte.*

La voix ne saurait donc exister chez les animaux dépourvus d'organes pulmonaires ; elle manque effectivement aux poissons, aux mollusques, etc. Si quelques insectes, font retentir les airs de sons souvent aussi aigus que peu harmonieux, c'est, comme on le verra, à l'aide d'un mécanisme particulier, et bien différent de celui qui produit la voix chez l'homme, les mammifères, les oiseaux et quelques reptiles.

(1) Ce chapitre sur la *voix* m'est commun avec le professeur A. Masson.

Sur la voix de l'homme et des animaux, consultez : FABRICE D'AQUAPENDENTE, *De laryngis actione*, pars II, p. 281 ; dans *Opera omnia anat. et physiol.* Leyde, 1738. — DODART, *Mém. sur les causes de la voix de l'homme et de ses différents tons ;* dans *Mém. de l'Acad. des sc. de Paris*, ann. 1700, p. 244 ; 1706, p. 136 ; 1707, p. 66. — FERREIN, *De la formation de la voix de l'homme ;* dans *Mém. de l'Acad. des sc. de Paris*, ann. 1741, p. 409. — HÉRISSANT, *Recherches sur les organes de la voix des quadrupèdes et celle des oiseaux ;* dans *Mém. de l'Acad. des sc. de Paris*, ann. 1753, p. 269. — VOGEL (Rud.-Aug.), *De larynge et vocis formatione.* Erf., 1747. — ROGER (J.-L.), *Tentamen de vi soni et musices in corpus hum.* Avignon, 1758 ; *Traité des effets de la musique sur le corps humain ;* trad. du latin par Et. Sainte-Marie. Lyon, 1803. — HALLER (Alb.), *Elem. physiol. corp. hum.* t. III, p. 434. — VICQ-D'AZYR, *Sur la voix ;* dans *Mém. de l'Acad. des sc. de Paris*, 1779. — CUVIER (G.), *Leçons d'anat. comp.*, 1805, t. IV. — DUTROCHET (H.), *Essai sur une nouvelle théorie de la voix ; Dissert. inaug.* Paris, 1806. — LISKOVIUS (Karl.-Fried.), *Dissert. physiol. sistens theoriam vocis.* Leipsick, 1814 ; et en allemand : *Physiologie der menschlichen Stimme.* Leipsick, 1846. — BIOT (J.-B.), *Précis élément. de physiq. expérim. ;* 3e édit. ; t. I, chap. X, p. 457. Paris, 1824. — FRICK (J.-C.), *De theoria vocis.* Berlin, 1819. *Dissert. inaug.* — DESPINEY, *Recherches sur la voix.* Paris, 1821. — SAVART (Félix), *Mém. sur la voix humaine ;* dans *Ann. de chim. et de phys.* 1825, t. XXX, p. 64. *Mém. sur la voix des oiseaux, ibid.*, t. XXXII, p. 5 et 113 ; dans *Journ. de physiol. expérim.*, t. V, p. 390, et dans le journal l'*Institut.* — CHLADNI (E.-F.), *Einige Bemerkungen über die menschliche Stimme, Cœcilia*, 1826, Hft 14, S. 157. — MAYER (A.-F.), dans *Meckel's Arch. für Anat. und Physiol.* 1826, n° 2. — BENNATI (F.), *Du mécanisme de la voix humaine pendant le chant*, lu à l'Académie des sciences de Paris, séance du 31 janvier 1830 ; et dans *Ann. des sc. nat.*, 1831, t. XXIII. — MALGAIGNE (J.-F.), *Nouvelle théorie de la voix hum. ;* dans *Arch. génér. de méd.*, 1831, t. XXV. — GERDY (P.-N.), *Note sur la voix ;* dans *Bull. des sc. méd. de Férussac*, 1830, t. VII, p. 318 ; art. VOIX du *Dict. de méd. de l'Encyclop. méth.*, et son *Traité de physiol. méd.*, t. I, part. II, p. 728. — COLOMBAT (de l'Isère), *Traité méd. chir. des maladies des organes de la voix*, ou *Recherc. théor. et prat. sur la physiol., la pathol., la thérap. et l'hyg. de l'appareil vocal.* Paris, 1834. — BISHOP (John), dans *London med. gaz.*, july 1834, et dans *London and Edinburgh philos. Magaz. and journ. of sc.*, mai 1835. —

Le larynx humain est, sans contredit, l'instrument le plus parfait que l'on connaisse pour produire des sons. Dans cet organe, rien d'inutile ou de superflu ; chaque élément a son usage déterminé, et le maximum d'effet est obtenu avec le moins de dépense possible.

Notre but principal est de rechercher le rôle de chacune des parties qui constituent l'organe vocal de l'homme et d'un certain nombre d'animaux, en nous appuyant à la fois sur les faits incontestables que la science possède et sur nos propres expériences. Mais, avant de commencer une étude aussi pleine d'intérêt, il nous faut passer en revue les phénomènes primordiaux, les lois générales de l'acoustique, et faire connaître les principaux instruments employés à produire les sons. Cette connaissance devra nous servir, plus tard, à établir une théorie rationnelle de la voix.

Ces mêmes notions devant s'appliquer, en partie, à l'étude de l'*audition*, nous croyons devoir leur donner dès à présent un certain développement.

L'*acoustique* se résume dans les principes suivants :

1° Toute sensation auditive résulte originairement d'actions périodiques et isochrones exercées sur le milieu dans lequel l'organe de l'ouïe est plongé.

2° La sensation perçue est toujours en rapport avec le nombre des vibrations du corps sonore.

3° Quand un corps résonne, c'est-à-dire quand il est le siége de vibrations moléculaires, les oscillations se propagent à toute matière pondérable ambiante.

L'organe de l'ouïe ne fait pas exception à cette règle ; il vibre sous l'influence du corps sonore avec lequel il est en contact médiat ou immédiat.

Ces divers principes, les expériences sur lesquelles ils reposent, seront successivement développés par la suite.

Les physiciens et les physiologistes ont distingué deux espèces de sons : les *sons musicaux* et les *bruits*.

Les *sons musicaux* résultent d'un mouvement moléculaire périodique et isochrone ayant une certaine durée.

Il suffit, pour qu'un corps résonne, que ses molécules, d'abord écartées de leurs positions d'équilibre, soient ensuite abandonnées à elles-mêmes. Sollicitées alors par les molécules voisines, elles oscillent autour de ces positions d'équilibre, et leur mouvement est identique à celui d'un pendule soumis à l'action de la pesanteur.

On nomme *oscillation* le mouvement que la molécule exécute de chaque côté

LEHFELDT (Karl.), *Nonnulla de vocis formatione ; Dissert. inaug. physiol.* Berlin, 1835. — WIEDEMANN (Aug.-Karl.), *De voce humana atque de ignota hujusque cantus modulatione quædam ; Dissert. inaug.* Dorpat, 1836. — CAGNIARD-LATOUR, dans le journal l'*Institut*, nos 161, 162, 192, ann. 1836 ; 196, 212, 222, 223, ann. 1837 ; 225, 229, 238, 244, ann. 1838, etc. — MULLER (Jean), *Traité de physiol.*; trad. de Jourdan, t. II. — DIDAY et PÉTREQUIN, *Mém. sur une nouvelle espèce de voix chantée* ; dans *Gaz. méd. de Paris*, 1840, p. 305. *Sur le mécanisme de la voix de fausset*, *ibid.*, 1844, p. 115 et 133. — SEGOND, *Hygiène du chanteur*, Paris, 1845. — Divers mémoires sur la voix, insérés dans *Arch. génér. de méd.*, 4e sér. 1848, t. XVII, p. 200 ; 4e sér. 1849, t. XX, p. 195, 311, etc. — LONGET (A.), *Recherches expérimentales sur les fonctions des nerfs et des muscles du larynx, et sur l'influence du nerf accessoire de Willis dans la phonation* ; dans *Gaz. méd. de Paris*, juillet 1841. — GARCIA (Manuel), *Mém. sur la voix humaine ; Rapport de Dutrochet sur ce mémoire* ; dans *Comptes rendus hebd. des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, 1841, t. XII, p. 638.

de sa position d'équilibre, et *amplitude de l'oscillation*, l'espace qu'elle parcourt dans ce mouvement.

Tout mouvement moléculaire produit, dans les corps, des *mouvements de totalité* qui ont une grande importance et qui doivent être particulièrement signalés. Un corps, dont les molécules ont été dérangées de leurs positions d'équilibre, se déforme, et ce corps entier ou plusieurs de ses divisions exécutent des mouvements oscillatoires synchrones aux mouvements moléculaires. Ainsi sont imprimées, au milieu dans lequel se trouve l'organe de l'ouïe, les oscillations qui procurent la sensation du son. L'intensité de cette sensation dépend de la grandeur des parties vibrantes du corps sonore et de l'amplitude de leurs oscillations.

Réciproquement, quand, par une cause quelconque, on modifie la forme d'un corps, le retour à la forme primitive nécessite un mouvement oscillatoire de totalité qui détermine, dans ce corps, des mouvements moléculaires synchrones. On peut citer comme exemples : une cloche frappée par un marteau ou mise en vibration au moyen d'un archet ; une verge solide, frappée à l'une de ses extrémités par un marteau ou frottée avec du drap enduit de colophane ; les cordes vibrantes.

Les causes qui rendent sonores les corps solides déterminent les mêmes phénomènes de sonorité dans les liquides et les gaz. Les procédés, à l'aide desquels on peut produire des sons dans les fluides, seront examinés plus loin avec détails.

Les *bruits* ne diffèrent des sons musicaux que par la durée. Ainsi, une explosion de gaz, un choc, la rupture d'un corps solide donnent lieu à des sons qu'on nomme généralement des bruits, et qui sont pourtant aussi complétement caractérisés que les sons soutenus ou musicaux. Cette distinction des bruits et des sons musicaux résulte de l'oubli d'un fait physiologique susceptible de plusieurs applications et digne d'être rappelé ici. Une sensation instantanée et très intense suspend une sensation de même nature : ainsi, un coup de pistolet anéantit momentanément la sensation d'un son continu ; un éclair très vif fait disparaître toute autre lumière moins éclatante.

Nous devons, dans la comparaison de deux sensations produites par une même cause et conséquemment de même nature, avoir égard à un élément important, *la durée de la sensation*, et nous ne pouvons porter un jugement qu'en soumettant à l'expérience des actions ayant sensiblement la même durée pendant l'observation.

On ne saurait donc établir aucune comparaison entre un bruit et un son soutenu ; mais, au contraire, si l'on produit deux bruits simultanés, on pourra établir leur rapport aussi exactement que pour deux sons musicaux. Il sera facile de reconnaître l'exactitude des observations précédentes, en déterminant d'abord les rapports des sons musicaux produits par des corps solides (verges, verres, cloches) et, frappant ensuite ceux-ci pour en obtenir des bruits qui seront dans le même rapport que les sons précédents.

Il n'y a pas lieu de distinguer, quant à leur nature, les bruits des sons musicaux.

Les actions périodiques des corps sonores ne suffisent pas pour exciter en nous la sensation du son ; il faut encore que leurs oscillations soient communiquées à l'organe de l'ouïe par l'intermédiaire d'un corps solide, liquide ou gazeux.

Un timbre, placé dans un récipient où l'on a fait le vide, ne fait entendre aucun son, quand on le frappe par un mécanisme convenable, attendu que le fluide

éthéré, qui remplit l'espace privé de matière pondérable, ne propage pas les vibrations sonores. Mais si l'on touche ce timbre avec un corps solide, par exemple une baguette qui traverse la cloche, immédiatement le son est produit ; la sensation sonore est de nouveau perçue aussitôt qu'on fait rentrer l'air ou tout autre gaz dans le récipient.

Vitesse de propagation du son.

La vitesse de propagation du son est mesurée par l'espace que celui-ci parcourt dans une seconde.

1° *Vitesse du son dans les gaz.* — Indépendante de la force élastique du gaz, elle varie seulement avec sa densité, sa température et le rapport de ses chaleurs spécifiques à volume constant et à pression constante. Nous adopterons, comme moyenne d'un grand nombre d'expériences, 333 mètres pour la vitesse du son dans l'air à 0°.

Une commission de l'Académie des sciences a fait, en 1738, des expériences entre Montmartre et Montlhéry : elle a trouvé $332^{m},9$ à 0°. En 1822, les membres du bureau des longitudes ont obtenu $331^{m},12$ à 0°, au moyen d'expériences faites entre Villejuif et Montlhéry (1).

Bravais et Martins (2), ayant exécuté plusieurs expériences suivant une ligne inclinée sur l'horizon, entre le lac de Brienz et le village de Tracht, en Suisse, ont obtenu $333^{m},11$ à 0°.

La vitesse du son, dans l'air et dans les gaz, est représentée par la formule suivante, due à Laplace :

$$v = \sqrt{\frac{gh}{D} \cdot \frac{c}{c'}}.$$

Dans l'air on a :

$$v = \sqrt{9^{m}8088 . 10466,82(1+0,00366T)0^{m};76 . 1,419}.$$

v, vitesse du son ; h, pression du gaz ; D, densité du gaz ; g, intensité de la pesanteur ; c et c', chaleur spécifique à pression constante et à volume constant ; T, température du gaz.

Biot (3) a constaté que tous les sons se propagent dans l'air avec la même vitesse.

La vitesse du son varie avec l'état hygrométrique de l'air. Il faudrait, pour corriger les valeurs trouvées plus haut, connaître la vitesse de propagation du son dans un mélange de gaz et de vapeurs. Cette détermination, qui nous manque serait utile pour la théorie de la voix, l'air étant toujours, dans les organes vocaux, plus ou moins saturé d'humidité et mélangé à de l'acide carbonique et un excès d'azote.

2° *Vitesse du son dans les liquides.* — Beudant a trouvé, approximativement 1500^{m} pour la vitesse du son dans l'eau de mer. Sturm et Colladon adoptent 1435^{m}

(1) *Ann. de physique et de chimie*, 1re série, t. XX, p. 220.
(2) *Même rec.*, 2e série, t. XIII, p. 5.
(3) *Précis de physique*, t. I, 2e édit., p. 36.

pour cette vitesse dans l'eau du lac de Genève. La vitesse du son dans les liquides est assez exactement représentée par la formule :

$$v = \sqrt{\frac{g}{a}}.$$

v, vitesse du son dans un liquide ; g, intensité de la pesanteur ; a, coefficient d'élasticité du liquide.

3° *Vitesse du son dans les solides.* — Les solides transmettent les sons beaucoup plus rapidement que les liquides. Biot a trouvé que la vitesse du son dans la fonte est dix fois plus grande que dans l'air. Nous donnerons plus loin les moyens indirects qu'on a employés pour déterminer cette vitesse dans les liquides et les solides. La formule précédente $v = \sqrt{\frac{g}{a}}$ représente, d'une manière assez exacte, la vitesse du son dans les solides. a représente le coefficient d'élasticité du corps solide.

Qualités des sons.

On distingue : 1° la gravité et l'acuité, ou la *hauteur* des sons; 2° l'intensité; 3° le timbre.

1° La *hauteur du son* dépend du nombre de vibrations communiquées à l'organe de l'ouïe par le corps sonore. On peut facilement s'en assurer au moyen de la *sirène*, instrument inventé par Cagniard-Latour, ou à l'aide d'une roue dentée qui, dans son mouvement, frotte contre une carte. Ce dernier procédé, proposé par Savart, est très simple et prouve bien que la hauteur du son dépend du nombre des vibrations : il suffit, en effet, de tourner la roue plus vite pour entendre le son monter du grave à l'aigu.

2° L'*intensité du son* doit être attribuée à l'amplitude des oscillations des parties vibrantes du corps sonore, c'est-à-dire à l'énergie de l'action exercée sur l'organe de l'ouïe. L'intensité du son décroît comme le carré de la distance du corps sonore à l'organe auditif.

3° Le *timbre* d'un son résulte très probablement de la forme de l'onde sonore et de sa constitution intime, sujet sur lequel nous aurons occasion de revenir. Si l'on prend une sirène, dont les plateaux sont percés de trous de diverses formes, on modifie à volonté le timbre du son. Dans les instruments à vent, le timbre serait produit par une modification imprimée à l'onde principale par les vibrations synchrones des différentes subdivisions des pièces solides.

Rapports des sons.

L'organe de l'ouïe ne peut estimer la valeur absolue d'un son, c'est-à-dire le nombre absolu de vibrations qu'exécute un corps sonore, mais il apprécie facilement le rapport des nombres de vibrations de deux sons simultanés, rapport que les musiciens nomment un intervalle musical. Quand ce rapport est égal à 2, l'oreille distingue difficilement les deux sons, surtout s'ils sont très graves ou très aigus. Les sons possèdent donc deux valeurs, une valeur absolue et une valeur relative : cette dernière est la seule appréciable par nos

organes. Si, partant d'un son correspondant, par exemple, à 500 vibrations par seconde, on monte progressivement jusqu'à un autre son produit par 1,000 vibrations, on éprouvera les mêmes sensations qu'en parcourant l'intervalle entre 1,000 et 2,000 vibrations par seconde, pourvu que, dans cette seconde période, les sons successifs restent avec ceux de la première série dans le même rapport de 1 à 2.

Lorsque deux sons résultent exactement du même nombre de vibrations, ils sont à l'*unisson*. Quand le rapport de leurs vibrations est 2, ils sont à l'*octave*, parce que les musiciens ont divisé en huit parties, ou tons, l'intervalle de ces deux sons pour former la gamme. Les expériences les plus précises assignent aux sons d'une gamme les rapports suivants, relativement à leurs nombres de vibrations :

1	9/8	5/4	4/3	3/2	5/3	15/8	2
ut,	*ré*,	*mi*,	*fa*,	*sol*,	*la*,	*si*,	*ut*.
Son fondamental.		Tierce.		Quinte.			Octave.

Les intervalles peuvent être facilement définis par les rapports des vibrations. Ainsi, on dit souvent le son 1 et le son 2, pour désigner des octaves, le son $\frac{3}{2}$ pour désigner la quinte, etc.

Quelles que soient les valeurs absolues de leurs vibrations, les sons formeront une gamme et procureront les mêmes sensations, si les rapports précédents sont conservés.

Les musiciens ont encore introduit, entre les sons de la gamme, des demi-intervalles ou demi-tons.

Valeur absolue des sons ; limite des sons perceptibles.

Il résulte des expériences de Savart (1) et de celles de Despretz (2) que la limite des sons perceptibles ne dépend que de l'intensité de la vibration nécessaire pour faire osciller l'organe de l'ouïe, et que, pour les sons graves, deux vibrations paraissent suffisantes pour caractériser le son. Pour les sons aigus, Despretz a pu percevoir des sons produits par des diapasons et correspondant à 73,000 vibrations par seconde.

Les physiciens adoptent comme unité et désignent par ut_1 le premier *ut* de la basse et du piano à six octaves et demi. Le diapason normal qu'ils emploient est celui qui correspond à l'*ut* de la quatrième corde du violon, ou ut_3, et qui fait 512 vibrations par seconde. Ce nombre fixe a été adopté en même temps que la vitesse du son, 1,024 pieds anciens par seconde à 0°, qui sert à tous les constructeurs d'orgues qui ont conservé les anciennes mesures.

Ce nombre, 1,024 pieds, diffère peu de 333 mètres, et offre un grand nombre de diviseurs, qui rendent son usage plus facile dans la pratique. Le son de 512 vibrations par seconde a pour longueur d'onde 2 pieds.

Si l'on multiplie 512 par les intervalles de la gamme, on aura la valeur absolue des sons d'une gamme dont la note fondamentale serait l'*ut* de la quatrième corde du violon.

Pour les gammes suivantes, il suffira de multiplier les valeurs obtenues précédemment par 2^1, 2^2, 2^3, etc., c'est-à-dire par les différentes puissances de 2.

(1) *Ann. de physique et de chimie*, 1re série, t. XLIV, p. 327.
(2) *Comptes-rendus* des séances de l'Ac. des sc. de Paris, t. XX.

Le *la* absolu adopté par les physiciens est donc le *la*$_3$, correspondant à $512 \times \frac{5}{3} = 853,33$.

On comprend maintenant toute l'importance de la valeur du diapason dans les différents théâtres, et l'utilité d'un diapason uniforme pour tous les instruments.

Les divers diapasons peuvent, selon leur valeur absolue, forcer le chanteur à produire un même chant avec des nombres de vibrations absolues très différents.

Voici quelques valeurs approchées des diapasons des différents théâtres :

			Nombre de vibrations
Diapason normal			853,33
Théâtres	de Berlin		874,64
	de Saint-Pétersbourg		872,00
	de Paris	Opéra	862,68
		Opéra-Comique	855,22
		Italien	848,34

Formation, propagation et constitution des ondes sonores.

Si l'on suppose qu'après avoir comprimé en tous ses points une sphère élastique, on l'abandonne ensuite à elle-même, elle éprouvera des dilatations et des contractions alternatives qui dureront tout le temps que les molécules emploieront pour reprendre leurs positions d'équilibre. Chaque dilatation comprimera une couche d'air d'une certaine étendue ; cette couche comprimée représentera un ébranlement. Chaque contraction de la sphère produira une dilatation dans l'air environnant ; ce sera un nouvel ébranlement. Le premier sera *condensé*, le second *dilaté*.

L'ensemble des deux ébranlements constitue une *onde sonore*.

Ces condensations et dilatations de l'air se communiqueront de proche en proche à des couches de même épaisseur, et tous les corps situés dans ces couches recevront l'impulsion sonore. Ce mouvement de propagation de l'ébranlement sonore est analogue à celui de l'ébranlement qu'on provoque en laissant tomber un corps sur une nappe d'eau : on voit, dans ce cas, des circonférences de cercle concentriques se développer à la surface de la nappe, et ces circonférences représentent l'ébranlement primitif qui impulsionne successivement toutes les parties du liquide.

La membrane du tympan, soumise à l'action périodique de ces ébranlements condensés et dilatés, éprouvera un mouvement oscillatoire qui aura la même durée et la même période que celui du corps sonore, et nous procurera la sensation du son. Ainsi, l'organe de l'ouïe exécute toujours, dans l'unité de temps, un nombre de vibrations égal à celui des molécules du corps sonore. Il n'est pas nécessaire, pour qu'il y ait un son produit et perçu, que les ébranlements se succèdent dans l'ordre que nous avons indiqué, et qu'une onde soit formée d'un ébranlement condensé et d'un ébranlement dilaté ; il suffit que l'air ou le fluide, dans lequel l'organe de l'ouïe est plongé, soit soumis à une action périodiquement variable. Ainsi, la sirène donne lieu à des ondes condensées, séparées par des couches dont les molécules sont au repos. On pourrait imaginer beaucoup d'autres espèces ou périodes d'ébranlement : ce sont les variétés de ces périodes qui, en modifiant la constitution intime et la forme des ondes sonores, semblent déterminer le timbre des différents sons.

Tout mouvement vibratoire est analogue à celui d'un pendule ; les molécules

vibrantes, écartées de leurs positions d'équilibre, y reviennent avec une vitesse d'abord *croissante*, mais qui décroît ensuite pour devenir nulle et changer de signe. Il résulte de cette espèce de mouvement que les différentes couches d'air, qui constituent un ébranlement, possèdent des pressions différentes, de telle sorte que, dans un ébranlement condensé, la densité de l'air augmente d'une extrémité vers le milieu pour diminuer ensuite jusqu'à l'autre extrémité : c'est l'inverse dans l'ébranlement dilaté. Nous ajouterons que, dans ces deux ébranlements, condensé et dilaté, les vitesses oscillatoires des molécules d'air sont de signes contraires.

Si L est la longueur d'une onde sonore, V la vitesse du son dans une certain milieu, T la durée de la vibration des molécules du corps sonore, et N le nombre de vibrations qu'elles exécutent dans l'unité de temps, on aura $V = \frac{L}{T} = LN$.

Il est visible, en effet, que le son a parcouru dans ce milieu, et d'un mouvement uniforme, l'espace L pendant le temps T de l'oscillation du corps sonore. Nous adopterons le nom d'*onde sonore* pour désigner un seul ébranlement, et nous aurons soin d'indiquer les circonstances dans lesquelles le même nom sera appliqué à l'onde entière correspondant à la double oscillation du corps sonore.

Pour compléter les notions générales qui précèdent, il nous resterait à parler de la communication des mouvements vibratoires ; mais nous croyons devoir renvoyer, pour plus de clarté, ce que nous avons à dire sur ce sujet, après l'exposé des lois des vibrations.

Lois des vibrations.

Vibrations des colonnes d'air.

Nous considérerons d'abord un tuyau très étroit relativement à sa longueur, et fermé à l'une de ses extrémités.

Lorsqu'à l'extrémité ouverte d'un pareil tuyau on fait vibrer un corps sonore quelconque, un timbre ou un diapason, etc., on constate que, pour entrer en vibration et renforcer le son, ce tuyau doit pouvoir être partagé en un nombre impair de demi-longueurs de l'onde aérienne correspondant au son obtenu.

Le tuyau est-il ouvert à ses deux extrémités, il entrera en vibration et renforcera le son produit à l'une d'elles, quand sa longueur pourra être divisée en un nombre pair de parties égales à une demi-longueur d'ondulation aérienne correspondant au son excité.

Ces lois, connues sous le nom de lois de D. Bernouilli (1), entraînent les conséquences suivantes :

Le son le plus grave ou son fondamental, qu'un tuyau fermé puisse rendre, a pour longueur d'onde deux fois la longueur de ce dernier.

Pour le tuyau ouvert, le son le plus grave correspond à une longueur d'onde égale à celle du tuyau.

Un tuyau fermé sonne l'octave grave d'un tuyau ouvert de même longueur.

Des tuyaux, soit fermés, soit ouverts, mais de longueurs différentes, produisent

(1) *Mém. de l'Acad. des sciences de Paris*, année 1762.

des sons fondamentaux qui ont pour rapports les rapports inverses de leurs longueurs.

Un même tuyau peut rendre une série de sons déterminés qu'on nomme *harmoniques*, et dont les longueurs d'onde sont : pour un tuyau fermé, les $\frac{2}{1}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{2}{5}$, etc., de sa longueur, et, pour un tuyau ouvert, les $\frac{2}{2}$, $\frac{2}{4}$, $\frac{2}{6}$, etc., de la longueur de celui-ci.

Les harmoniques successifs d'un tuyau fermé donneront des nombres de vibrations qui offriront, entre eux, les rapports des nombres impairs et seront, en désignant par ut_1 le son fondamental

ut_1	sol_2	mi_3	$la_3\sharp +$	$ré_4$	$fa_4\sharp -$	$la^b_4 +$	si_4, etc.
1	3	5	7	9	11	13	15

Dans les tuyaux ouverts, les harmoniques suivent la série des nombres naturels et sont :

ut_1	ut_2	sol_2	ut_3	mi_3	sol_3, etc.
1	2	3	4	5	6

Lorsque des ondes sonores se propagent dans un tuyau, elles éprouvent contre le fond d'un tuyau fermé, ou contre l'air extérieur dans un tuyau ouvert, une *réflexion* en vertu de laquelle elles reviennent vers leur origine. On se représente, analogiquement, cette disposition des ondes sonores, en introduisant dans une chambre noire, et par une petite ouverture, un rayon lumineux qu'on fait réfléchir sur une glace de manière que le rayon *réfléchi* coïncide avec le rayon incident.

Les molécules des ondes réfléchies ayant un mouvement oscillatoire opposé à celui des ondes directes, il existe dans les tuyaux sonores des surfaces invariables, quant à leur position, qui sont les lieux de rencontre de molécules ayant des vitesses égales et contraires, et dont les mouvements s'entrecroisent : ces surfaces se nomment *surfaces nodales*. Les lieux de rencontre des molécules qui ont des vitesses égales et de même sens et où le mouvement vibratoire a son maximum d'intensité, sont les *ventres* de vibrations. Dans les *nœuds* ou surfaces nodales, l'air est le plus condensé ou le plus dilaté possible ; dans les *ventres*, il est à l'état naturel.

La condition essentielle pour qu'un tuyau puisse vibrer ou engendrer un son, condition qui a servi de base à la théorie de D. Bernouilli, c'est que les extrémités ouvertes des tuyaux soient des *ventres* de vibrations, et les extrémités fermées des *nœuds*.

Dans les tuyaux fermés, les nœuds sont situés à des distances du fond du tuyau représentées par des nombres pairs de demi-longueur d'ondes, les distances des ventres étant égales à des nombres impairs de demi-longueur d'ondulations. C'est l'inverse pour les tuyaux ouverts.

Les lois précédentes s'appliquent à tous les fluides élastiques.

Quelle que soit la nature du gaz employé pour faire parler un tuyau, les nœuds et les ventres ont toujours la même position, mais le son est différent. En effet, soit L la longueur commune à deux tuyaux fermés, parlant avec deux gaz de nature différente, on aura, en représentant par v et v' les vitesses du son dans les deux fluides, n et n' les nombres de vibrations qu'ils produisent et λ la longueur d'onde égale pour chacun d'eux :

$$2L = \lambda = \frac{v}{n}$$

$$2L = \lambda = \frac{v'}{n'} \text{ et par conséquent } \frac{v}{v'} = \frac{n}{n'}.$$

Si nous représentons maintenant par L et L' les longueurs de deux tuyaux qui donnent le même son avec deux gaz différents, et dans lesquels v et v' expriment les vitesses de propagation du son, λ et λ' les longueurs d'ondulations correspondantes au même son, et n le nombre égal de vibrations pour chacun des gaz, on aura :

$$2L = \lambda = \frac{v}{n}$$

$$2L' = \lambda' = \frac{v'}{n} \text{ et, par suite, } \frac{L}{L'} = \frac{\lambda}{\lambda'} = \frac{v}{v'},$$

c'est-à-dire que les deux tuyaux devront avoir des longueurs proportionnelles aux vitesses du son dans les deux gaz. Tels sont les principes qu'ont adoptés les physiciens pour trouver la vitesse du son dans les fluides gazeux.

Les sons d'un même tuyau changent avec la température. Soient, en effet, n et n^{o} les nombres de vibrations qu'un même tuyau ouvert, de longueur L, peut rendre en donnant le son fondamental à t^{o} ou à 0° ; on aura $v = Ln$ et $v_0 = Ln_0$, v et v_0 étant les vitesses du son dans le gaz à t^{o} ou à 0°. Les équations précédentes donnent $\frac{v}{v_0} = \sqrt{1 + at^{o}} = \frac{n}{n_0}$, a étant le coefficient de dilatation des gaz. Ainsi, le son monte avec la température.

Les lois de Bernouilli, que nous venons d'exposer, ne sont sensiblement exactes et vérifiées que pour des tuyaux très longs relativement à leur diamètre et embouchés à plein orifice. Dans tout autre cas, les sons dépendent de la forme des tuyaux, du mode d'embouchure et de plusieurs autres circonstances qui ont rendu impossible, jusqu'à présent, une théorie générale des tuyaux sonores.

Vibrations des corps solides.

1° *Vibrations des corps rigides par eux-mêmes.*

a. — *Vibrations longitudinales des verges*, etc. — Les corps rigides et les cordes, quand on les frotte parallèlement à leur longueur, produisent des sons d'après les mêmes lois que nous avons établies pour les gaz. Les nœuds et les ventres, qu'on obtient dans les verges ébranlées parallèlement à leur longueur, sont distribués de la même manière que dans les tuyaux. Une verge libre suit les lois d'un tuyau ouvert, tandis qu'une verge fixée à l'une de ses extrémités se divise comme un tuyau fermé à l'un de ses bouts.

Une tige fixée à ses deux extrémités, ou une corde tendue, obéit aux mêmes lois qu'un tuyau qui serait fermé à ses deux extrémités et embouché au milieu.

Pour exciter, dans les corps solides, des vibrations longitudinales ou parallèles à leur plus grande dimension, il faut les tenir entre les doigts ou les fixer en un point qui doit être un *nœud*, afin de ne pas empêcher le mouvement des molécules, et

les frotter avec du drap enduit de colophane, ou pour le verre, avec du drap imbibé d'eau acidulée.

Les vibrations longitudinales des corps solides y déterminent des compressions et dilatations périodiques, d'où résultent des flexions et des mouvements de totalité perpendiculaires à la longueur. Ces mouvements périodiques produisent dans l'air ambiant des impulsions sonores, qui sont les plus intenses, et dont le nombre de vibrations est le même que celui des molécules douées d'un mouvement longitudinal ou parallèle à la longueur des corps.

Si l'on désigne par λ la longueur d'une verge solide, par n le nombre de vibrations correspondant au son le plus grave qu'elle donne en vibrant longitudinalement, et par v la vitesse du son dans cette verge solide, on aura, comme pour les gaz : $v = \lambda n$.

Cette loi très simple a fourni aux physiciens un moyen indirect pour déterminer la vitesse du son dans les corps solides.

b. — *Vibrations transversales des verges*, etc. — Les vibrations transversales des verges sont parallèles à la ligne qui représente leur épaisseur, et, conséquemment, perpendiculaires à la longueur et à la largeur. Dans les cordes, elles sont seulement perpendiculaires à la longueur.

L'étude des vibrations transversales des lames et des cordes offre une grande importance et mérite toute notre attention, des physiologistes ayant fondé la théorie de la voix sur des vibrations de cette nature.

Une verge solide peut être placée dans les six conditions suivantes :

1° libre aux deux extrémités ; 2° appuyée par les deux extrémités ; 3° fixée aux deux extrémités ; 4° fixée à un bout et appuyée à l'autre ; 5° libre à une extrémité, appuyée à l'autre ; 6° libre à un bout et fixée à l'autre.

Si l'on compare entre elles plusieurs verges de même nature, placées dans les mêmes conditions et produisant les sons fondamentaux ou des harmoniques de même ordre, on trouve : *a*, que la largeur des lames est sans influence sur le nombre de vibrations ; *b*, que le nombre des vibrations est proportionnel à l'épaisseur de la verge ; *c*, qu'enfin le nombre de vibrations est réciproquement proportionnel au carré de la longueur de la verge.

La formule suivante comprend ces trois principes :

$$n = \frac{Ke}{L^2}.$$

n, nombre de vibrations ; K, coefficient constant dépendant de la nature de la verge ; e, épaisseur de la verge ; L, longueur.

Lorsqu'une lame vibrant transversalement produit des harmoniques, elle se partage en plusieurs parties séparées par des lignes de repos ou lignes nodales qui jouent, par rapport aux portions vibrantes, le même rôle que des points fixes. De chaque côté de ces lignes, qu'on nomme encore *axes de flexion*, les parties vibrantes oscillent en sens opposé.

Euler (1), ayant soumis au calcul le phénomène des vibrations transversales des verges, a donné des formules qui expriment toutes les lois de ce phénomène. Plus tard, d'autres géomètres ont repris cette question et sont arrivés aux mêmes résul-

(1) *Actes de l'Acad. de St-Pétersb.*, 1779.

tats (1). D'après Euler, les harmoniques que donnent les verges vibrant transversalement sont entre eux dans les rapports des carrés de certains nombres qui dépendent des conditions dans lesquelles on place le corps vibrant. Il a, de plus, établi les positions des nœuds, et Chladni a vérifié expérimentalement les résultats des calculs d'Euler.

Savart (2) a fait de nombreuses expériences sur les vibrations des verges, et il a trouvé des différences notables entre l'expérience et le résultat du calcul, surtout lorsqu'il produisait un grand nombre d'harmoniques, trente ou quarante sur une même lame.

Lissajou (3) a de nouveau vérifié, dans quelques cas, les résultats trouvés par Euler.

D étant la distance entre deux nœuds, a la longueur de la verge, et n le nombre des harmoniques, on a

$$D = \frac{2a}{2n-1}$$

Quand, à l'aide d'un archet, on fait résonner une verge pour obtenir des vibrations transversales, on a souvent, outre les lignes nodales transversales, des lignes nodales longitudinales. Chladni avait à tort désigné sous le nom de *vibrations tournantes* ce mode particulier de vibrations normales soumises à la loi suivante : pour les sons fondamentaux et pour des verges différentes, mais de même nature, les nombres de vibrations sont réciproques à la longueur et à la largeur des verges et proportionnels à l'épaisseur.

Les divisions et les sons harmoniques obéissent aux mêmes principes qui régissent les vibrations des colonnes d'air (4).

c. — Vibrations des plaques. — Quelles que soient les formes des plaques, leurs sons fondamentaux reconnaissent les lois qui suivent :

Les nombres de vibrations sont réciproquement proportionnels à leurs surfaces, et en raison directe des épaisseurs.

Pour les plaques semblables, les nombres de vibrations sont inversement proportionnels à leurs dimensions linéaires.

Malgré les nombreuses recherches de Chladni et de Savart, on ne connaît pas encore les lois des harmoniques des plaques. Les lignes nodales et les figures nombreuses qu'elles produisent, paraissent liées, d'après Savart, à la position des axes d'élasticité.

2° *Vibrations des corps rendus rigides par tension.*

a. — Vibrations des cordes. — Les géomètres se sont beaucoup occupés de ce phénomène et sont arrivés à établir que le nombre des vibrations des cordes est en raison inverse de leur longueur et de leurs diamètres ; qu'il est réciproquement proportionnel aux racines carrées de leur densité, et aussi à celles des poids qui les tendent.

Savart avait reconnu, à l'aide de nombreuses expériences, que ces lois n'étaien

(1) POISSON, *Traité de mécanique*, t. II, 2e édit., p. 366.
(2) *Leçons professées au Collége de France.* — *Journal l'Institut*, 1839, n° 293.
(3) *Ann. de physique et de chimie*, 3e série, t. XXX, p. 385.
(4) SAVART, *Loc. cit.*, 1835.

pas exactes, et il avait admis que les différences entre le calcul et l'expérience devaient être attribuées à la *rigidité* de la corde, dont les géomètres ne tenaient pas suffisamment compte.

Son frère, N. Savart (1), a vérifié cette opinion, et a trouvé qu'en désignant :

Par n le nombre de vibrations théoriques qui est donné par la formule

$$n = \sqrt{\frac{g\,P}{p\,L}} = \frac{1}{R\,l}\sqrt{\frac{g}{\pi}\frac{P}{D}} \quad (*)$$

Par N le nombre de vibrations observées, et par v le nombre de vibrations qu'exécuterait la corde si elle vibrait comme une tige rigide par elle-même, on avait

$$N^2 = n^2 + v^2.$$

Ces formules, suivant une observation de Duhamel (2), s'accordent parfaitement avec la théorie, en regardant la rigidité propre de la corde comme une tension s'ajoutant à celle qui est produite par les poids.

Une corde peut se diviser en plusieurs parties égales et produire des harmoniques correspondant à la longueur de chacune de ses divisions. Souvent ce mode de partage est obtenu sans autre moyen qu'un coup d'archet un peu rapide. Mais on le fait naître facilement en touchant la corde en un point de division.

Lorsqu'une corde vibre et produit le son fondamental, on entend souvent plusieurs harmoniques. Plusieurs auteurs pensent que ces harmoniques sont dus à des subdivisions de la corde principale qui coexistent sans se nuire. Duhamel, pour expliquer les harmoniques, pense que la corde se partage en plusieurs parties vibrantes, dont les oscillations sont indépendantes. La théorie des harmoniques des cordes n'est pas encore satisfaisante.

b. — *Vibrations des lames minces.* — Les lames minces, très longues relativement à leur largeur, et tendues entre deux points fixes, sont soumises aux mêmes lois que les cordes.

c. — *Vibrations des membranes.* — Il est difficile de mettre en vibration des membranes tendues sur des cadres : les sons qu'elles produisent sont toujours très graves. On parvient néanmoins à les faire résonner en faisant vibrer en leur présence des corps sonores dont les vibrations leur sont communiquées par l'air interposé. Les lignes nodales qu'on obtient alors sur des membranes, ont la plus grande analogie avec celles des plaques solides, et l'on doit supposer que les lois qui régissent les vibrations de ces dernières, conviennent aussi aux premières (3).

De la communication des mouvements vibratoires.

Lorsque des corps solides sont réunis de manière à former des systèmes, il résulte, des expériences de Savart, que toutes les parties du système vibrent à l'unisson, et que la direction du mouvement moléculaire est toujours parallèle

(1) *Ann. de physique et de chimie*, 3e série, t. VI, p. 5.

(*) g, intensité de la pesanteur ; P, poids qui tend la corde ; R, rayon de la corde ; l, sa longueur ; D, sa densité ; p, son poids et $\pi = 3,1415$.

(2) Rec. cit., 3e série.

(3) F. SAVART, *Ann. de physique et de chimie*, 2e série, t. XXXII, p. 384.

à la direction de l'ébranlement. Ces principes sont vrais, quel que soit le mode de réunion des différentes parties du système.

On peut donc toujours regarder un système de corps réunis comme un tout donnant naissance, quand il entre en vibration, à des systèmes de lignes nodales qui dépendent de sa constitution.

Lorsque des corps sont séparés par des gaz, de l'air, par exemple, les lois précédentes sont encore applicables ; mais, dans ces cas, le corps vibrant moteur, c'est-à-dire celui qui est directement ébranlé, ne détermine, dans les corps voisins, des vibrations énergiques qu'autant que ces derniers peuvent donner le même son ou des harmoniques du premier.

C'est ainsi qu'en ébranlant une corde de basse ou de violon, celle-ci fera vibrer toutes les cordes d'autres instruments capables de vibrer à l'unisson de la première, ou au moins capables de produire un de ses harmoniques.

Bien qu'une corde ne puisse résonner d'une manière très sensible, sous l'influence des vibrations d'une autre corde, qu'autant qu'elle est à l'unisson ou capable de produire ses harmoniques, on ne peut en tirer aucune conclusion contraire aux principes énoncés plus haut. Les vibrations de la corde seulement sont trop faibles. Car si l'on prend une membrane tendue et recouverte de sable, on peut s'assurer qu'elle reçoit par l'air les impulsions de tout corps qui vibre dans son voisinage, et qu'elle produit le même nombre de vibrations que le corps sonore. Il suffit de poser un diapason sur une table d'harmonie ou sur un corps solide, pour obtenir un grand renforcement de son dû au mouvement vibratoire communiqué par le diapason à son support (1).

Conditions générales de la formation du son dans divers instruments de musique.

« C'est depuis longtemps une chose passée en habitude, chez les physiologistes, dit Gerdy (2), de ne point parler de la voix sans assimiler l'organe qui la produit à quelques uns de nos instruments de musique. Pour moi, s'il m'est permis d'opposer mon opinion à celle de tant d'hommes illustres, je crois qu'il serait plus juste de montrer que l'instrument de l'homme n'a point son pareil encore dans les instruments des arts. »

Ce sentiment est le nôtre. Le larynx humain est bien un instrument tout spécial, aussi inimité dans sa perfection qu'admirable dans ses effets. Toutefois, quand il s'agit de chercher à expliquer la production des sons dans cet appareil, on ne saurait se dispenser d'étudier les conditions générales de la formation du son dans les divers instruments, surtout ceux qui imitent le mieux la voix humaine. C'est à cette étude préalable que sont consacrées les pages qui suivent :

Les instruments de musique sont *simples* ou *composés*. Les premiers sont ceux dans lesquels il n'y a aucun moyen de renforcement du son ; les seconds sont, au contraire, ceux dans lesquels l'intensité du son est augmentée par les vibrations de pièces accessoires.

(1) F. SAVART, *Ann. de physique et de chimie*, 2e série, t. XIV, p. 113 ; t. XXXI, p. 383 ; t. XXXII, p. 384 ; — et *Leçons de physique professées au collège de France*; dans *Journal l'Institut*, année 1839, nos 311, 312, etc.

(2) *Physiol. méd.*, Paris, 1832, t. I, p. 773.

Parmi les instruments simples, nous citerons le claquebois, le triangle, le violon de fer, etc.

Les instruments composés se divisent en instruments à cordes, à membranes tendues, et en instruments à vent.

Les instruments simples n'offrent aucun intérêt pour l'explication de la voix humaine. Les considérations exposées précédemment et relatives aux vibrations des corps expliquent suffisamment comment ils produisent des sons. Il n'en est pas de même des instruments composés : ceux-ci réclament une étude particulière, dont les résultats pourront d'ailleurs servir à éclairer le sujet qui nous occupe.

Instruments à cordes.

Violon. — Parmi les instruments à cordes, il est le plus remarquable.

En exposant comment les sons se forment et se renforcent dans le violon, nous aurons donné à peu près la théorie de tous les instruments à cordes.

Dans le violon, le son est primitivement dû aux vibrations des cordes obéissant aux lois énoncées plus haut. Mais le son d'une corde isolée serait très faible, si cet instrument n'était pas composé de pièces solides et de fluide gazeux vibrant à l'unisson des cordes et destinés à renforcer le son.

L'intensité d'un son dépend, en grande partie, de la masse d'air choquée par le corps vibrant. Nous citerons, à ce sujet, une intéressante expérience de Pelisow :

On fixe un clou à une muraille, et à ce clou on suspend une corde tendue par un poids. Si l'on fait vibrer la corde, on entend à peine le son ; mais si, à l'aide d'une verge solide, on met le clou en communication avec le chevalet d'une basse posée sur une table, on entend la basse fortement résonner à l'unisson de la corde, et le son est considérablement renforcé.

Toutes les parties solides d'un violon n'ont pas d'autre but que de rendre aussi grande que possible la partie vibrante qui communique ses mouvements à l'air extérieur. Ainsi, *l'âme* rend normales les vibrations des tables qui, comme des plaques, oscillent à l'unisson des cordes et de la masse d'air contenue dans le violon ; cet air est le corps qui augmente au plus haut degré l'intensité du son.

Dans un violon, les cordes sont donc l'origine de vibrations qui, communiquées à l'air extérieur par les tables et les autres parties solides, acquièrent une intensité très grande par les vibrations du fluide gazeux. Aussi Savart a-t-il rangé les violons parmi les instruments à vent. Il est bien démontré, par les faits précédents, que les cordes vibrantes ne produisent par elles-mêmes que des sons faibles, et, pour ainsi dire, sans effet.

Savart a déterminé les poids nécessaires pour tendre les cordes les plus minces d'un violon, et il a trouvé qu'il fallait un poids de 10 à 11 kilogr. pour la corde qui donne le *la*, etc.

Guitare. — Dans cet instrument, le son est renforcé par les tables et l'air contenu dans la caisse. Mais le son est toujours faible, parce qu'on ne peut rendre les vibrations normales aux tables.

Harpe. — Dans la harpe, le son paraît être principalement renforcé par la table.

Piano. — C'est encore la table et les autres parties solides de cet instrument qui augmentent l'intensité du son.

Ces faits nous révèlent la cause des sons produits dans les circonstances suivantes :

1° En frottant le doigt médius avec le pouce et le faisant choquer sur les autres doigts formant tuyau, si l'on prend dans la main des tuyaux de diverses longueurs, on peut obtenir tous les sons de la gamme.

2° En plaçant un crayon ou une verge de bois sur les dents, on produit, en frappant dessus, tous les sons possibles en augmentant ou diminuant convenablement la cavité buccale ou la masse d'air mise en vibration. Un peu d'habitude suffit pour parvenir à jouer des morceaux de musique avec une intensité de son très remarquable.

3° Si, tenant la bouche plus ou moins ouverte, on frappe sur la joue, on a des sons variés et dus évidemment à la vibration de la colonne d'air.

4° Enfin, en retirant vivement un piston d'un tube, on entend le son du tube, produit par le choc de l'air extérieur.

Dans la crécelle, la lame paraît destinée à choquer l'air de la caisse et à le mettre en vibration. Ce qui prouve que le son n'est pas dû aux chocs successifs de la lame sur les dents du pignon, c'est qu'on change le son en modifiant la forme ou la masse d'air de la caisse; et l'on trouve que le son est toujours celui que rend la caisse de l'instrument, quand on la fait vibrer à la manière des instruments à vent.

Il est d'ailleurs facile de prouver qu'un simple choc suffit pour ébranler une colonne d'air et lui faire produire le son qu'elle rendrait naturellement : si l'on prend, en effet, une série de tuyaux d'orgues et qu'on les choque, on entend le même son qu'en mettant les colonnes d'air en vibration par les moyens connus.

Instruments à vent.

Dans les instruments à vent, le son est produit dans un appareil spécial que nous étudierons en détails, et il est renforcé par une colonne d'air.

Dans l'appareil générateur du son, le mouvement vibratoire résulte de l'écoulement de l'air ou de tout autre fluide gazeux.

Pour bien comprendre la production du son dans les instruments à vent, il importe de connaître les principaux phénomènes que présentent les fluides dans leur écoulement. Ces phénomènes étant les mêmes, quelle que soit la nature du fluide, nous les étudierons d'abord dans les liquides, parce qu'ils y sont plus faciles à observer.

Vu l'importance d'application des beaux travaux de Savart sur l'écoulement des liquides, travaux dont les résultats formeront, pour nous, la base des théories qui seront développées plus tard pour les instruments à vent et la voix des animaux, nous espérons que le lecteur voudra bien nous pardonner l'étendue des détails de physique dans lesquels nous sommes forcé d'entrer (1).

Phénomènes dus à l'écoulement des fluides.

Tous les physiciens qui, jusqu'à Savart, s'étaient occupés de l'écoulement des liquides, n'avaient jamais recherché quelle était la constitution d'une veine liquide.

(1) Ces détails sont empruntés aux leçons de SAVART, professées au collége de France, et publiées par A. MASSON, dans le *Journal l'Institut*, numéros 331, 332, 333, et dans les *Ann. de chim. et phys.*, 2e série, t. LIII, LIV et LV.

Ainsi Dubuat, Bossut, D. Bernouilli, Venturi, etc., malgré leurs nombreux travaux sur l'hydraulique, n'ont fait aucune tentative dans cette direction.

Toute veine liquide, lancée verticalement de haut en bas, par un orifice circulaire pratiqué dans une paroi plane, est toujours composée de deux parties bien distinctes par l'aspect et la constitution.

La partie qui touche à l'orifice est un solide de révolution dont toutes les sections horizontales vont en diminuant continuellement de diamètre : cette première partie de la veine est calme et transparente ; elle ressemble à une tige de cristal.

La seconde partie, au contraire, est toujours agitée et paraît dénuée de transparence, quoiqu'elle soit d'une forme assez régulière pour qu'on puisse voir qu'elle est divisée en un certain nombre de renflements allongés, dont le diamètre maximum est toujours plus grand que celui de l'orifice : la moitié supérieure du ventre ou renflement le plus élevé enveloppe l'extrémité inférieure de la partie limpide, qui se perd au milieu de ce même ventre, et semble se transformer en un tuyau creux qui traverse tous les autres ventres. La longueur et le diamètre des ventres sont d'autant plus considérables que la charge est plus forte.

Pour bien observer cette constitution de la veine, il faut prendre de l'eau fortement colorée par une dissolution d'indigo dans l'acide sulfurique, placer le jet devant une fente percée dans le volet d'une chambre obscure recevant l'action du soleil, et regarder la veine de bas en haut. Celle-ci change d'aspect avec la manière dont on la regarde et avec son mode d'éclairement : si l'on fixe un point élevé du jet et qu'on abaisse brusquement les yeux de manière à suivre le mouvement du point qu'on considère, au lieu de la partie trouble, on n'aperçoit plus que de très grosses gouttes placées verticalement les unes au-dessus des autres, et laissant entre elles des espaces vides huit ou dix fois plus grands que le diamètre des gouttes. D'où il semblerait résulter que la continuité du jet n'est pas réelle, et que l'apparence qu'il présente est due à la persistance de la sensation produite sur la rétine par le passage successif des gouttes espacées d'une certaine manière, et subissant dans leur chute des changements de forme périodiques et susceptibles, par leur retour, à des distances déterminées, de nous donner la sensation de la présence d'un corps qui n'existe réellement pas.

Ces idées sont confirmées par les faits suivants : si l'on passe brusquement un corps mince et étroit à travers la partie trouble de la veine et perpendiculairement à sa direction, il arrive rarement qu'il soit mouillé. Souvent on peut voir très distinctement, à travers une veine liquide, des objets situés de l'autre côté. Si l'on fait passer une planche suffisamment légère et perpendiculairement à travers un jet liquide lancé sous une faible pression, on aperçoit des points mouillés, régulièrement espacés. En laissant écouler du mercure, on remarque qu'il présente la même apparence que l'eau : il est translucide dans toute la partie de son étendue située au dessous du milieu du ventre le plus élevé de la partie trouble, et les corps les plus déliés se voient très distinctement à travers son épaisseur.

Enfin, pour mettre hors de doute la discontinuité de la veine et en étudier tous les détails, on a fait mouvoir, du côté opposé à l'œil, une lanière noire, passée sur deux cylindres et sur laquelle on avait placé, de distance en distance, des bandes transversales blanches. En regardant le jet, pendant qu'elle est animée d'un mouvement ascensionnel d'une vitesse convenable et qu'on ne peut déterminer que par tâtonnement, on voit une image présentant deux parties bien distinctes : L'une inférieure, qui se compose de bandes transversales noires et lisses,

et qui correspond à la partie trouble de la veine ; l'autre supérieure, correspondant à la partie limpide, qui paraît immobile comme cela a lieu quand on la regarde directement, mais avec cette différence que, vers son extrémité inférieure, ses bords présentent des saillies à peu près uniformément espacées et qui deviennent d'autant plus fortes qu'elles sont plus voisines de l'extrémité du jet. Cette dernière partie du jet correspond à la moitié supérieure du premier ventre de la partie trouble, et il résulte de là que cette moitié supérieure est formée par des renflements annulaires qui descendent le long du jet, puisque, sans le secours de l'appareil, elle se montre sous l'aspect d'une enveloppe lamelleuse et flottante, tandis qu'avec l'appareil elle paraît composée de saillies immobiles, et qui se correspondent sur deux arêtes quelconques et opposées de la veine.

L'expérience précédente montre que la partie trouble de la veine est composée de gouttes bien distinctes les unes des autres, qui subissent pendant leur chute des changements périodiques de forme, auxquels sont dues les apparences des ventres ou renflements régulièrement espacés, que l'inspection directe fait reconnaître dans cette partie de la veine dont la continuité apparente dépend de ce que les gouttes se succèdent à des intervalles moindres que la durée de la sensation produite sur la rétine par chaque goutte en particulier. Les gouttes isolées qui forment la partie trouble de la veine résultent de renflements annulaires, qui prennent naissance très près de l'orifice et qui se propagent, à des intervalles de temps égaux, le long de la partie limpide de la veine, en augmentant de volume à mesure qu'ils descendent, et qui, enfin, se séparent de l'extrémité inférieure de la partie limpide et continue de la veine, à des intervalles de temps égaux à ceux de leur production et de leur propagation.

Nous ajouterons qu'on peut s'assurer de la constitution de la veine liquide, décrite par Savart, soit en éclairant cette veine par une forte étincelle électrique provenant d'une bouteille de Leyde, soit par le procédé très ingénieux indiqué par Billet (1). Billet fait couler la veine liquide devant un miroir sphérique, concave un peu au delà du centre de courbure, et obtient alors une image renversée et réelle de la veine placée un peu en deçà du centre et en face de la première. Ces deux veines, se mouvant en sens contraire et avec la même vitesse, font apercevoir a veine réelle comme si elle était fixe.

Les résultats précédents, sur la constitution de la veine, sont la conséquence de l'expérience suivante : On prend un vase cylindrique dont le fond supérieur est muni d'un entonnoir par lequel s'introduit le liquide, et dont le fond est percé d'une petite ouverture de 2 à 3 millimètres de diamètre, à laquelle s'adapte un tube de verre de 1 centimètre environ. On peut, en modifiant convenablement l'ouverture du robinet, obtenir un écoulement goutte à goutte se succédant à des intervalles plus ou moins éloignés. On dispose, derrière le jet vertical, un écran noir en face duquel l'observateur se place. Ce dernier produit des gouttes qui se succèdent à un cinquième de seconde d'intervalle, et alors il a la sensation d'un jet continu. Il est facile d'estimer, par le choc que font les gouttes en tombant, le temps qui s'écoule entre la formation de deux gouttes successives.

En examinant attentivement la formation des gouttes, on voit distinctement que le liquide s'accumule peu à peu à l'orifice du tube en affectant la forme d'une petite masse arrondie par le bas, et qui va en grossissant jusqu'à une certaine limite

(1) *Ann. de phys. et de chimie*, 3e série, t. XXXI, p. 328.

passé laquelle elle s'allonge subitement pour projeter une goutte de 5 à 6 millimètres de diamètre, constamment suivie d'une seconde goutte d'un diamètre beaucoup moindre ; et après avoir lancé ces deux gouttes, la petite masse de liquide, qui est restée adhérente à l'orifice, se relève brusquement pour reprendre momentanément sa première forme arrondie, puis elle s'allonge pour se raccourcir de nouveau, et ainsi de suite, en faisant de véritables oscillations qui durent jusqu'à ce que son volume augmentant graduellement par l'arrivée du liquide, elle projette de nouveau deux gouttes d'inégal diamètre. D'un autre côté, on observe que, quand les gouttes d'un plus grand diamètre sont sur le point de se détacher, elles sont arrondies par le bas, effilées par le haut, et qu'à l'instant où la séparation s'opère elles se contractent sur elles-mêmes avec tant d'énergie, qu'elles lancent toujours plusieurs gouttelettes dans différentes directions.

Il est clair maintenant : 1° Que la continuité apparente des deux jets dépend de ce que la durée du passage successif des deux gouttes par un même point est moindre que la durée de la sensation produite par chacune d'elles sur la rétine ; 2° que l'apparence des deux jets concentriques est due à ce que les deux séries de gouttes d'inégal diamètre donnent lieu chacune à l'apparence d'un jet distinct ; 3° que les renflements ou ventres de ces jets apparents dépendent de ce que les gouttes, après s'être contractées sur elles-mêmes, au moment de leur départ, tendent sans cesse, en vertu de la force attractive qui sollicite leurs particules, à affecter la forme sphérique à laquelle elles ne peuvent néanmoins parvenir qu'après une suite de contractions et d'allongements périodiques, pendant la durée desquels elles revêtent des formes sans doute très compliquées, mais dont le caractère général doit consister en ce que leur diamètre transversal atteint périodiquement deux limites extrêmes de grandeur. Or, on conçoit sans peine que ces variations périodiques du diamètre transversal des gouttes ayant lieu pendant leur mouvement de translation, il doit en résulter, attendu la persistance de l'impression faite sur la rétine, l'apparence d'un jet présentant des renflements espacés d'une manière régulière.

La production et la propagation des renflements annulaires, ainsi que l'émission des gouttes qu'ils engendrent lors de leur arrivée à l'extrémité du jet, ont lieu avec une grande régularité, et à des intervalles de temps égaux entre eux.

En effet, en approchant l'oreille très près de la partie trouble d'une veine, on entend un son qui dépend uniquement du choc des gouttes et des renflements contre l'air, et qui, étant très faible, peut être rendu plus énergique en laissant arriver le jet sur une membrane tendue horizontalement, ou sur le fond d'un vase de métal. On peut prendre le son avec un violon et l'on constate qu'il est le même pour tous les points de la veine. Il n'est donc pas douteux que les renflements annulaires du jet se succèdent à des intervalles de temps égaux, et que les gouttes, qu'ils forment en arrivant à l'extrémité du jet, soient soumises dans leur émission à la même périodicité.

Le nombre des oscillations qui résultent du choc de la partie trouble est directement proportionnel à la vitesse de l'écoulement ou à la racine carrée de la charge, et en raison inverse du diamètre des orifices.

Les renflements annulaires, dont la succession produit tous les phénomènes que présente une veine fluide, sont engendrés par une succession périodique de pulsations qui ont lieu à l'orifice même, de sorte que la vitesse de l'écoulement au lieu d'être uniforme est périodiquement variable. Ce qui prouve que c'est à l'orifice que le phénomène prend naissance, et qu'il se produit comme nous venons de

l'indiquer, c'est que la résistance de l'air n'a aucune influence sensible sur la forme et la dimension de la veine, non plus que sur le nombre des pulsations, comme on s'en est assuré en laissant tomber le jet dans un grand tube vide d'air.

L'amplitude des vibrations peut être considérablement augmentée par des vibrations de même période communiquées à la masse entière du liquide et aux parois du réservoir qui le contient. Cela a été constaté en faisant produire à des violons ou des basses des sons à l'unisson de ceux du liquide. A une distance très grande, la constitution de la veine est subitement changée sous l'influence de ces différents sons qui agissaient sur la masse entière du liquide et non sur la veine elle-même, puisque le phénomène se passait de la même manière quand la veine était dans le vide.

Ce qui démontre ce fait important, que la période des oscillations ne dépend point des dimensions de la veine, et que cette période est réglée par les circonstances mêmes du passage du liquide à l'orifice, c'est que les modifications imprimées à la veine par les ondes sonores dépendent uniquement de l'action qu'elles exercent sur les parois du vase, et qu'elles sont bien plus marquées quand le corps sonore, qui peut être un timbre, un diapason ou un violon, est directement en contact avec le réservoir.

Sous l'influence des ondes sonores, la longueur de la partie limpide et continue du jet peut se réduire presque à rien ; tandis que les ventres de la partie trouble acquièrent une régularité de forme et une transparence qu'ils ne possèdent pas ordinairement. Lorsque le nombre de pulsations qui a lieu à l'orifice est différent du nombre de vibrations communiquées, il peut être altéré, mais seulement dans certaines limites; ce qui établit un nouveau fait de la réaction des corps en vibration et vient confirmer la généralité des principes admis à ce sujet. On peut même obtenir des battements produits par la réaction des ondes d'une corde, d'un diapason, et les oscillations de la veine qu'on voit remonter à chaque battement.

Les phénomènes qui viennent d'être énoncés restant les mêmes lorsqu'on a soustrait le réservoir à l'action de toute espèce d'onde sonore, et ne dépendant ni de la nature du liquide, ni de sa température, et le nombre des pulsations étant déterminé uniquement par la vitesse de l'écoulement et le diamètre des orifices, on a été conduit à penser que la pesanteur était la seule cause des phénomènes, et que ceux-ci étaient dus à de très petites oscillations de la masse entière du fluide, dont la partie centrale s'abaisse tandis que la partie la plus extérieure est animée d'un mouvement en sens contraire. Dans cette supposition, toutes les tranches horizontales du fluide seraient le siége d'un mouvement analogue à celui d'un disque libre sur son contour, et qui exécute des vibrations normales en se divisant en deux parties vibrantes séparées par une seule ligne nodale circulaire.

L'ensemble des circonstances qui accompagnent ce mouvement oscillatoire fait présumer qu'il est produit de la manière suivante : Au moment où l'on ouvre l'orifice, les filets fluides se précipitent en vertu de la pesanteur, et, comme ils ne peuvent pas tous passer en même temps, ils se pressent à l'orifice, y forment une espèce de ventre qui éclate tout à coup en lançant périodiquement du fluide au dehors. Il y aurait ainsi des maxima et des minima de vitesse dans l'écoulement du liquide.

L'expérience suivante prouve encore que c'est à l'orifice qu'a lieu le mouvement vibratoire : une basse est mise en communication avec le réservoir ; la veine se raccourcit comme si l'on produisait un son ayant le même nombre de vibrations qu'elle-même.

La constitution des veines lancées horizontalement ou même obliquement par des orifices circulaires de bas en haut, ne diffère pas essentiellement de celle des veines lancées verticalement de haut en bas; seulement le nombre des pulsations paraît devenir d'autant moindre, que le jet approche plus d'être lancé verticalement de bas en haut. Quelle que soit la direction de la veine, son diamètre décroît toujours très rapidement jusqu'à une petite distance de l'orifice.

Mais, quand la veine tombe verticalement, le décroissement continue jusqu'à ce que la partie limpide se perde dans la partie trouble. Il en est encore de même quand la veine est lancée horizontalement, quoique alors le décroissement suive une loi moins rapide. Lorsque le jet se fait obliquement de bas en haut et qu'il forme avec l'horizon un angle de 25 à 45 degrés, toutes les sections normales à la courbe qu'il décrit, deviennent sensiblement égales entre elles à partir de la section contractée qui touche à l'orifice. Enfin, pour des angles plus grands que 45 degrés, le diamètre de la veine va en augmentant depuis la partie contractée jusqu'à la naissance de la partie trouble; de sorte que c'est seulement alors qu'il existe une section qu'on peut à juste titre appeler *section contractée*.

Entre 25 et 45 degrés la veine présente une particularité remarquable : les gouttes dont est composée la partie trouble ne décrivent pas toutes une courbe unique, mais elles forment une sorte de gerbe dont la discontinuité est partout manifeste, et qui est composée de gouttes qui décrivent des courbes paraboliques contenues dans un même plan vertical. Cet éparpillement de gouttes dans un même plan vertical paraît dépendre de ce que la partie continue de la veine est le siége d'un mouvement irrégulier de vibration déterminé par la vitesse périodiquement variable de l'écoulement, et sans doute aussi par le mode de séparation des gouttes elles-mêmes, qui alors ne s'opérerait pas d'une manière aussi régulière que quand le jet tombe verticalement.

Les mouvements vibratoires extérieurs ont encore une grande influence sur la régularité de la veine. Quelle que soit la forme de l'orifice, la constitution de la veine est toujours la même ou au moins analogue.

L'influence des ondes sonores sur la veine peut donner naissance à un phénomène dynamique très remarquable : On prend un réservoir duquel le liquide s'écoule sous une pression constante, on reçoit le jet sur la petite branche d'un siphon dont la grande branche verticale, comme la petite, s'élève au-dessus du niveau du réservoir ; le liquide provenant de la veine remplit le siphon, et le niveau s'élève dans le tube au niveau de l'eau dans le réservoir. Si, dans ce moment, on produit près de la masse liquide un son dont le nombre de vibrations soit le même que celui de la colonne liquide, ce liquide descend brusquement dans la grande branche du siphon pour remonter ensuite aussitôt que le son cesse.

Après avoir examiné la constitution de la veine fluide et le mouvement vibratoire dont cette veine est le siége, il était important de rechercher si, en lui faisant subir des altérations dans sa forme et dans sa nature, cet état vibratoire se conservait.

Si l'on reçoit la veine fluide sur un disque circulaire plan et horizontal, ou sur le sommet d'un cône, on trouve que les modifications qu'elle subit après le choc dépendent du diamètre de l'orifice et de celui du disque ; qu'elles varient, avec la vitesse d'écoulement du liquide, sa nature et sa température. Il est facile d'acquérir une idée nette de ces modifications au moyen d'un appareil composé d'un tube de verre d'environ 1 décimètre de diamètre et de 2 mètres de hauteur, dont l'extré-

mité inférieure est fermée par une platine de métal percée à son centre d'un orifice de 5 à 15 millimètres de diamètre. Ce tube étant solidement assujetti dans une position verticale et préalablement rempli d'eau, on place à 1 ou 2 centimètres au-dessous de l'orifice un disque de métal monté sur une tige d'un petit diamètre, ayant à peu près 70 centimètres de hauteur, et fixée sur un support convenablement disposé pour qu'on puisse donner à la surface du disque une direction horizontale, et faire coïncider son centre avec la verticale qui passe par le centre de l'orifice.

Pour fixer les idées, nous supposerons que le diamètre du disque soit de 27 millimètres de diamètre, et le diamètre de l'orifice de 12 millimètres. A l'instant où l'écoulement est établi, le liquide étant préalablement parfaitement calme dans le tube, la veine, après avoir frappé le disque, se répand dans tous les sens et forme une nappe circulaire et continue qui a la forme d'un parapluie, et dont le diamètre a environ 60 centimètres. La partie centrale est mince, unie et transparente; mais son pourtour, qui a une plus grande épaisseur, est trouble et se présente sous la forme d'une zone annulaire recouverte d'un grand nombre de stries rayonnantes, coupées par d'autres stries circulaires, qui projettent au loin une multitude de petites gouttelettes. Ces nappes ne sont jamais calmes; elles sont le siége d'un mouvement périodique d'élévation assez rapide pour donner naissance à un son sourd, analogue à celui que produisent pendant le vol les ailes de certains oiseaux. On remarque également que leur diamètre croît et décroît périodiquement d'une petite quantité, et ces alternatives se répètent un assez grand nombre de fois, dans une seconde, pour donner naissance à un son sourd et soutenu, lorsqu'on approche un corps solide ou une membrane tendue jusqu'au contact de l'orifice. Le niveau du liquide dans le tube s'abaissant continuellement, le diamètre de la nappe s'agrandit peu à peu, en même temps que la partie auréolée change d'aspect; elle devient plus transparente, sa largeur diminue, elle se couvre de bosselures, et enfin elle disparaît entièrement quand la pression intérieure n'est plus que de 60 à 62 centimètres : la nappe atteint alors son plus grand diamètre, qui est d'environ 50 centimètres, et elle se présente sous la forme d'une large capsule dont la concavité est tournée en bas et dont le contour libre, légèrement dentelé, lance un grand nombre de gouttes qui partent des angles saillants des dentelures. La pression à l'orifice continuant toujours à décroître, la nappe unie que nous venons de décrire diminue graduellement de diamètre, mais en même temps elle se recourbe sur elle-même à sa partie inférieure, en se portant vers la tige qui contient le disque; et, à la pression de 32 ou 33 centimètres d'eau, elle se ferme entièrement en revêtant la forme d'un solide de révolution ayant environ 40 centimètres de diamètre et 15 de hauteur, dont la surface est parfaitement unie et dont la génératrice ressemble beaucoup à une demi-lemniscate. A partir de cet instant, la nappe décroît insensiblement de volume; mais, quand la pression n'excède pas 10 à 12 centimètres d'eau, sa forme change brusquement : sa partie inférieure devient tout à coup concave en se relevant au-dessus du disque; puis, après un temps fort court, la première forme reparaît, et ces changements instantanés se renouvellent périodiquement sept ou huit fois, jusqu'à ce que la nappe, diminuant toujours de volume, finisse par disparaître entièrement.

Afin d'étudier le phénomène dans toutes ses particularités, on s'est procuré un écoulement constant et sous une pression variable, et l'on a observé que, pour toutes les pressions, le mouvement vibratoire de la veine se communique à la

nappe, quelle qu'en soit la forme : que les auréoles jouissent de la faculté de rendre des sons par suite des chocs qu'elles exercent contre l'air, et que ces sons acquièrent beaucoup plus d'intensité lorsqu'on présente au choc de cette partie de la nappe un corps solide, dont le plan fait avec sa surface un angle de 45 degrés. On observe en outre, quand l'écoulement est constant, que le degré d'acuité des sons varie avec la distance à laquelle le corps choqué se trouve du bord interne de l'auréole, le son étant plus grave quand ce corps se trouve plus près du bord libre de la nappe. Le diamètre des orifices ne paraît exercer aucune influence sur le nombre de ces vibrations ; mais l'épanouissement de la veine, occasionné par la présence du plan circulaire, a pour résultat de diminuer le nombre des oscillations de la partie libre de la veine. Car une veine donnait dans une expérience le son $si^{\flat}_{4}$ = 1843 vibrations, et, pour un orifice de 3 millimètres, elle produisait, en s'épanouissant, le son mi_5 = 640 vibrations.

Pour obtenir un son sous une grande pression, on a placé de l'eau dans une machine de compression ordinaire où l'on a condensé l'air jusqu'à lui donner une pression de six atmosphères : dans ce cas, les sons qui résultent du choc de l'auréole contre un corps solide acquièrent une grande pureté et une grande intensité, et l'on constate qu'ils deviennent d'autant plus aigus que la pression est plus forte.

Il paraît encore que les nombres de vibrations sont proportionnels à la vitesse d'écoulement.

La direction du jet n'a aucune influence sur les phénomènes qui viennent d'être examinés, lorsque la pression est très grande. Mais, quand celle-ci est assez faible pour que l'action de la pesanteur lui soit comparable, cette dernière force apporte dans la forme des nappes des modifications qui varient avec la direction du jet.

Dans tous les cas, la nappe est le siége d'un mouvement vibratoire analogue à celui d'un jet tombant librement ; ce qui s'explique très bien, puisque les nappes ne sont autre chose que le développement de la veine, avec ses renflements annulaires. Pour mieux rendre notre pensée, nous dirons que la nappe s'ouvre comme un parapluie, et que le renflement annulaire de l'extrémité de la partie pleine du jet forme les stries annulaires de la nappe.

La température du liquide influe sur tous ces phénomènes. Le diamètre de l'orifice et celui du disque restant constants, au maximum de densité de l'eau, le diamètre des nappes atteint son maximum : il devient nul au terme d'ébullition et à la température de 1 à 2 degrés centigrades, ce qui indique évidemment qu'à cette température les molécules sont dans un état d'équilibre instable avant d'arriver à la congélation.

La nature du liquide exerce une très grande influence sur le diamètre des nappes, toutes circonstances étant égales d'ailleurs. On pourrait penser que ce phénomène de flottement et de vibration de la nappe dépend du frottement ou de l'adhérence du liquide au disque ou au cône ; mais il n'en est rien, comme on peut s'en assurer par l'expérience suivante : Deux vases sont munis à leur partie inférieure de deux tubes cylindriques coudés, tournés en sens contraire et terminés coniquement ; ces tubes sont placés de manière que le liquide d'un vase puisse choquer le liquide de l'autre vase. Le niveau de l'eau dans chaque vase est maintenu le même au moyen d'un siphon dont les branches sont égales. Lorsque l'écoulement a lieu, on observe une très belle nappe auréolée, toute semblable à celle qui a lieu par le choc d'une veine contre un disque. Les vibrations d'une basse ou de tout autre corps sonore apportent dans cette nappe les modifica-

tions qu'elles impriment aux autres nappes; d'où nous pouvons conclure que le réservoir est le siége du mouvement oscillatoire qui se communique aux nappes ou à un jet liquide simple, et que ce mouvement ondulatoire se conserve dans la veine, quelles qu'en soient la forme et les modifications. Nous voyons en outre que, bien que ces modifications produites dans l'état des veines par la rencontre d'un disque circulaire soient très grandes, il est néanmoins évident que les circonstances les plus générales de cet état ne sont pas changées, et que tout se passe à peu près comme si le liquide, au lieu de sortir d'un orifice circulaire et de s'épanouir sur un disque, sortait directement par un orifice annulaire formé par les bases de deux tuyaux cylindriques placées sur le même axe, et qui laisseraient entre elles un petit intervalle par lequel le liquide s'écoulerait. En effet, il y a la plus grande analogie entre la partie auréolée des nappes et la partie trouble des veines; l'une et l'autre rendent des sons soit par les chocs périodiques qu'elles exercent contre l'air, soit par ceux qu'elles produisent contre les corps solides qu'on leur présente. D'un autre côté, les nombres de vibrations de l'auréole deviennent, comme ceux des pulsations à l'orifice, d'autant plus grands que la pression est plus considérable, et ils paraissent proportionnels à la vitesse de l'écoulement.

Les différences principales entre l'état des nappes et celui des veines consistent en ce que le son de l'auréole ne paraît nullement influencé par le diamètre de l'orifice et que le son change avec la position du corps solide par rapport à la partie trouble de la veine.

Lorsque la veine tombe, non plus sur un disque circulaire qui lui soit perpendiculaire, mais sur un corps tranchant, par exemple le bord d'un vase ou une lame de couteau, le phénomène restera encore le même au fond; la forme seule de la nappe sera changée, mais celle-ci sera toujours animée d'un mouvement oscillatoire; chacune de ses parties, quel qu'en soit le nombre, sera le siége d'un mouvement vibratoire qu'elle pourra communiquer. Rien, en un mot, de ce qui se trouve en dehors du réservoir ne pourra altérer cette constitution particulière de la veine, dont la cause est à l'orifice. Ce mouvement vibratoire qu'elle acquiert, dès son origine, se maintiendra toujours, quelles que soient les modifications qu'elle subisse. Adapte-t-on un tube horizontal à l'appareil d'écoulement, et, au-devant du tube, place-t-on une lame dont le plan contient l'axe du tube, comme le miroir d'un porte-lumière, la veine, en rencontrant cette lame, se partage en deux parties, en deux lames liquides qui oscillent et produisent, par leurs chocs successifs contre l'air, un son très bien déterminé.

Ce mouvement oscillatoire des veines résulte toujours ici de la vitesse périodiquement variable de la veine liquide.

Après avoir étudié l'écoulement dans l'air ou dans le vide, examinons quels phénomènes présente un liquide qui s'écoule dans un milieu de même densité ou de densité différente. Lorsqu'on lance dans le même liquide, et sous une pression plus ou moins forte, une veine fluide, elle ne perd rien de son caractère : le mouvement vibratoire se manifeste comme dans l'air, ce qu'on peut facilement sentir en mettant la main près de l'orifice d'écoulement; on éprouve alors des pulsations dont il est aisé de compter le nombre. Sous l'influence de vibrations imprimées au réservoir, la veine se raccourcit, mais il n'y a pas et il ne peut y avoir de partie discontinue. Nous voyons donc une nouvelle confirmation de ce fait, que

c'est dans le réservoir que se trouve la cause du mouvement oscillatoire, et que l'état vibratoire des veines persiste avec toutes ses particularités, même quand l'écoulement a lieu dans un fluide de même densité. Cela est encore rendu plus évident en faisant écouler un jet d'huile dans un bain d'eau; on aperçoit alors toutes les particularités du phénomène décrit plus haut.

Quand un jet s'échappe dans un liquide de même densité, et qu'il rencontre un corps tranchant, il produit un son très aigu et dont le degré d'acuité dépend : 1° de la vitesse de l'écoulement; 2° de la distance du biseau à l'orifice. Le son est d'autant plus aigu que la vitesse d'écoulement est plus grande, et le biseau plus rapproché de l'orifice. Dans ce cas, il est clair que le mouvement vibratoire des nappes formées par le corps tranchant se communique au liquide, et de là à l'oreille. Si le phénomène se passe dans l'air, le son a moins d'intensité; mais, encore dans ce cas, le mouvement oscillatoire se propage dans l'air, et la preuve, c'est qu'on peut le renforcer par plusieurs moyens, entre autres par une colonne d'air donnant le même son que la colonne ou la nappe liquide. En effet, il était facile de conclure que, les veines oscillant avec une grande énergie, si l'on produisait une nappe de forme quelconque à l'orifice d'un tuyau ou d'une colonne d'air de toute autre forme, celle-ci devrait entrer en vibration par communication et renforcer le son de la veine. On démontre ce fait à l'aide des expériences suivantes : 1° On choisit une grande cloche de 3 décimètres de diamètre et plus; on fixe à son sommet et dans son intérieur une petite tige suppportant un disque circulaire qui arrive presque sur le plan et au centre du bord de la cloche; on fait alors tomber un jet liquide sur ce disque, il se forme une nappe qui couvre la cloche et produit un son très intense en communiquant à l'air son mouvement oscillatoire. 2° On prend une très grande cloche ou un tube d'un grand diamètre, 1 décimètre et plus; on présente son bord au jet liquide, qui le frappe obliquement; le biseau détermine la division de la veine, et il se produit dans l'intérieur du tube ou de la cloche une nappe liquide qui les ferme complétement, et dont on voit parfaitement le mouvement oscillatoire. Les sons qu'on obtient dans ce cas sont très beaux et très purs. L'opercule formé par la nappe intérieure vibre et choque l'air périodiquement. On entend alors un son qui dépend des dimensions du tuyau et de la vitesse du courant liquide.

Les belles recherches de Savart, dont nous venons de donner un extrait, devaient être suivies d'autres travaux destinés à résoudre toutes les questions importantes relatives à l'écoulement des liquides; et, peu de jours avant sa mort, cet illustre savant avait terminé un important mémoire sur les sons produits par les liquides qui s'écoulent par des orifices de différents diamètres. Il est regrettable que ce mémoire n'ait pas encore été publié.

Après l'étude des liquides, Savart devait s'occuper des *fluides élastiques* et compléter ses premiers travaux sur la voix des animaux. Nous ne connaissons de lui, sur ce sujet difficile, que quelques idées émises dans ses leçons au collége de France.

Convaincu que les fluides élastiques obéissent aux mêmes lois que les liquides, et présentent les mêmes phénomènes, Savart (1) avait, pour vérifier cette opinion, tenté diverses expériences que nous allons indiquer.

(1) Dans le journal *l'Institut*, n° 333, p. 172.

Lorsqu'un jet de gaz ou de vapeur s'échappe d'un réservoir, il présente dans son écoulement les mêmes phénomènes que la veine liquide. La veine gazeuse est le siége d'un mouvement oscillatoire qui détermine un écoulement dont la vitesse est périodiquement variable : en un mot, nous retrouvons ici toutes les particularités de l'écoulement des liquides. Pour démontrer qu'il en est ainsi, il faut rendre visible la colonne gazeuse : il suffit, pour cela, d'employer des vapeurs épaisses et colorées ou de mettre une poussière fine dans le gaz. C'est ainsi que la fumée qui s'échappe des cheminées présente visiblement ce phénomène de la sortie par bouffée. Mais on peut produire ce phénomène à volonté avec de la poussière de lycopode. On prend une machine de compression dans laquelle on comprime fortement de l'air ; au robinet s'adapte une boîte pleine de poussière de lycopode que le gaz est obligé de traverser ; puis l'appareil est disposé de manière que le mouvement ait lieu de haut en bas. On voit alors, au moment de l'écoulement, la partie continue de la veine, et, de distance en distance, se distinguent des renflements qui sont le siége d'un mouvement vibratoire très prononcé ; on peut même remarquer une section contractée. Il y a donc ici la plus grande analogie avec les veines liquides, en prenant le cas où celles-ci s'écoulent dans un liquide de même nature. Cet état vibratoire des veines s'observe encore très bien dans les flammes, surtout celles des gaz enflammés, et il est facile de mettre en évidence, comme on l'a fait pour les veines liquides, les renflements régulièrement espacés des flammes, analogues à ceux qu'on observe à l'extrémité continue de la veine liquide. Leurs dimensions vont en diminuant à mesure qu'on arrive à l'extrémité, ce qui tient sans doute à ce que chaque partie enflammée brûle dans son trajet et finit par disparaître entièrement à une certaine époque.

Mais, comment expliquer, dans les gaz où il n'y a pas de force attractive comme dans les liquides, cette disposition particulière des veines, cet état de vibration dans la masse, et la formation de ces parties troubles qu'on observe dans le lycopode et mieux encore avec la vapeur d'eau. Il est actuellement impossible de donner une explication satisfaisante de ces phénomènes, qui paraissent dépendre de la disposition des filets fluides produits dans la masse au moment de l'écoulement.

Puisque les gaz s'écoulent comme les liquides, on doit pouvoir obtenir avec eux tous les effets que nous avons pu observer avec ceux-là. L'expérience prouve qu'il en est ainsi : en prenant une membrane tendue et dirigeant sur elle un jet de vapeur qui s'échappe d'une marmite de Papin, où on lui a fait acquérir une forte tension, on entend un son très intense. Il suffit même d'approcher l'oreille d'un pareil jet sortant librement, pour entendre le son qu'il détermine en frappant l'air. En projetant la vapeur obliquement sur le bord d'un gros tuyau, on le met en vibration comme un tuyau d'orgue. Si l'on fait arriver le jet de vapeur contre un disque suffisamment échauffé pour empêcher la condensation de la vapeur, celle-ci forme une nappe absolument semblable à celle que nous avons observée avec les liquides. On place, sur la marmite de Papin, un orifice rectangulaire allongé, vis-à-vis lequel se trouve l'arête d'un prisme carré dont à volonté on fait varier la distance à l'orifice. En projetant le jet de vapeur sur le prisme, il produit un son dont le degré d'acuité dépend, comme pour l'air, de la distance du biseau à l'orifice ; dans ce cas, comme on l'a remarqué pour les liquides, le jet gazeux se partage en deux parties animées d'un mouvement vibratoire. On obtient donc bien réellement, avec la vapeur, les mêmes phénomènes qu'avec l'eau ou l'air.

Depuis la mort de Savart, il n'a été publié aucun travail sur la *mécanique physique des fluides*.

M. Masson a entrepris, depuis quelque temps, la continuation des travaux de Savart, sur l'écoulement des fluides élastiques. En partant des idées précédemment émises par le professeur du collége de France, il est arrivé à des résultats qui paraissent devoir jeter un grand jour sur les propriétés des gaz et le mécanisme de la voix humaine. Voici les résultats de son travail encore inédit :

Soient des disques circulaires, très plans, à face parallèles, au centre desquels se trouvent des orifices circulaires à angles très vifs : ces disques sont placés sur une grande boîte qui reçoit le vent d'une soufflerie, et qui est munie d'un manomètre à eau très sensible, d'une construction particulière, destiné à indiquer la pression du gaz à sa sortie de l'orifice.

Lorsque les plaques ont des épaisseurs de 2 à 3 millimètres, et que les orifices de sortie du gaz ont un diamètre de 1 à 3 millimètres, on entend, lors de l'écoulement de l'air, des sons très purs et dont le degré d'acuité dépend de la vitesse d'écoulement. Si la pression croît d'une manière continue, le son monte progressivement comme dans une sirène, jusqu'à une certaine limite de pression dépendant de la grandeur de l'orifice. Les séries de sons qu'on obtient sont d'autant plus aiguës que les orifices sont plus petits. Les sons obtenus sont beaucoup plus faibles que ceux de la sirène, ce qui dépend évidemment de la faible masse d'air mise en mouvement.

Il est à remarquer en outre que les orifices des plaques, qui peuvent, quand elles sont libres, donner des sons, doivent être réglés d'après la force de la soufflerie, et qu'en réglant convenablement la masse d'air de cet appareil on pourrait avoir une échelle de sons très étendue. Avec une soufflerie ordinaire, employée dans les cabinets de physique, on ne peut obtenir des sons d'une plaque libre ayant une épaisseur de 2 à 3 millimètres, qu'avec des orifices de 4 à 5 millimètres de diamètre. Il est certain qu'avec des appareils plus puissants on aurait des sons plus intenses à l'aide d'orifices d'un plus grand diamètre.

Les sons restent les mêmes si l'on procède par aspiration, c'est-à-dire si l'on élève le soufflet de l'appareil et que l'air extérieur entre dans la boîte par l'orifice.

Le son reste parfaitement constant lorsque la pression elle-même est maintenue invariable, et les nombres de vibrations sont, comme pour les liquides, proportionnels à la vitesse d'écoulement du gaz ou à la racine carrée de la pression.

M. Masson a essayé de déterminer l'influence des diamètres et des épaisseurs des plaques. La difficulté d'obtenir des sons avec des orifices un peu larges ne lui a pas encore permis de vérifier la loi des diamètres trouvée pour les liquides. Cependant, d'après plusieurs expériences, ce physicien est porté à croire que le nombre des vibrations est, sous une même pression, indépendant des diamètres. Les sons produits par les plaques libres sont très faibles pour des orifices d'un petit diamètre de 1 à 3 millimètres, et imperceptibles pour des orifices plus grands. Il y a donc nécessité de les renforcer. Parmi les divers procédés, le plus simple consiste dans l'emploi de tuyaux différant de nature, de longueur et de diamètre.

Lorsque, sur une plaque, on dispose un tuyau cintré sur l'ouverture de cette plaque, le son est considérablement renforcé et le tuyau sonne comme celui d'un orgue, si le son de la plaque est un des harmoniques du tuyau. Il importe de faire remarquer qu'il y a réaction entre les vibrations de ce dernier et celles de l'air sortant de l'orifice de la plaque; car on peut, dans certaines limites, augmenter la pres-

sion de l'air sans changer le son du tuyau : cependant il y a une certaine force élastique pour laquelle le son est le plus renforcé possible. Si l'on détermine les pressions d'air correspondantes aux sons produits dans un tuyau, on trouve que plusieurs notes appartiennent à une même pression et qu'un même son peut être produit par plusieurs pressions. Quelquefois un même tuyau fait entendre plusieurs harmoniques coexistants.

Enfin, en prenant le son de la plaque libre et le son du tuyau vibrant sur cette plaque, on constate que ces deux sons ne sont pas toujours à l'unisson, mais dans des rapports simples. Ainsi, un son aigu de la plaque peut engendrer dans le tuyau des sons graves. Souvent, on entend distinctement le son du tuyau et celui de la plaque : les mêmes phénomènes se renouvellent quand on procède par aspiration. On obtient encore les mêmes résultats si la plaque est placée à l'ouverture supérieure du tuyau, de telle sorte que le tuyau serve de porte-vent. Enfin, pour une plaque donnée, il y a toujours une dimension de tuyau qui ne peut rendre qu'un seul son, même pour des pressions assez étendues. L'intensité du son augmente avec la pression, mais sa hauteur ne change pas véritablement. On comprend que le son du tuyau différant du son de la plaque, il est difficile quelquefois de déduire de ces sons et pour des orifices d'un grand diamètre, les véritables lois relatives au diamètre des orifices et à l'épaisseur des plaques. Il faut pouvoir être assuré que le son de la plaque libre est le même que celui du tuyau qui n'est plus alors qu'un simple appareil de renforcement.

Des expériences précédentes de Savart et de celles de Masson, on peut conclure que *l'air produit, dans son écoulement, les mêmes phénomènes que les liquides, qu'il obéit aux mêmes lois :* l'écoulement des gaz, par des orifices percés dans des plaques, est périodiquement variable, et cette périodicité dans la vitesse d'écoulement détermine, dans l'air extérieur, des vibrations sonores analogues, quoique moins intenses, à celles qu'y produit la sirène.

Tels sont, sur l'écoulement des liquides et des gaz, les résultats établis par ces deux physiciens. Il nous reste à faire connaître les applications de ces résultats à l'étude des *instruments à vent* et à celle de la voix.

1° *Orgues.*

La partie principale des orgues se compose de tuyaux de diverses formes et de nature différente. Les tuyaux simples à biseau, ou *tuyaux à bouche*, sont cylindriques ou rectangulaires, ouverts ou fermés par un bout. Ces derniers se nomment *bourdons ;* à la partie inférieure, et sur le côté, existe une ouverture rectangulaire appelée la *bouche.* La partie des parois située au-dessous de cette ouverture est aplatie et un peu rentrée en dedans : on la nomme *lèvre inférieure.* Elle forme un angle de 22 degrés à peu près avec l'axe du système. La partie opposée, ou *lèvre supérieure*, est située au-dessus de la bouche. Pour faire parler le tuyau, on adapte fixément à son origine un cône creux, le *pied*, qui est ouvert à sa pointe pour recevoir le vent d'une soufflerie, et fermé à sa base par une lame qui laisse seulement, près de la lèvre inférieure, un petit intervalle rectangulaire et parallèle à la lèvre, c'est la *lumière.* Le bord de la lèvre supérieure, placé en regard de cette lumière, est taillé à tranchant vif, et se

nomme le *biseau.* Il est très important que le biseau ne soit pas indéfiniment aminci comme le tranchant d'un couteau, et qu'il présente une extrémité ayant une surface sensible et bien plane. L'appareil étant disposé, on souffle de l'air dans le pied du tuyau ; l'air s'échappe par la lumière en formant une lame mince qui vient se briser contre le biseau, et il est partagé par ce dernier en deux nappes, l'une intérieure et l'autre extérieure. Celles-ci exécutent le même nombre de vibrations que l'air à sa sortie de la lumière, et produisent, par conséquent, un son qui, pour la nappe intérieure, est renforcé par le tuyau. Il résulte des expériences de A. Masson que le son produit par l'air s'échappant de la lumière, ou par les battements des nappes contre l'air extérieur ou intérieur du tuyau, peut être différent, mais un des harmoniques des sons rendus par le tuyau. Il est utile de faire observer que, par suite des réactions exercées par les vibrations de l'air dans le tuyau sur celles de l'air sortant de l'orifice, ces deux systèmes se mettent d'accord en vibrant simultanément, quoique isolément leurs sons ne soient pas dans des rapports simples. Seulement il faut qu'ils en diffèrent peu.

Le son, dans les tuyaux d'orgue, est donc bien formé à l'orifice, car on produit des sons bien caractérisés en prenant un biseau libre placé contre la lumière d'une embouchure ordinaire d'orgues ; le tuyau sert seulement à renforcer le son. Dans ce dernier cas, la distance du biseau à l'orifice, la vitesse d'écoulement de l'air, la largeur de la lumière, ont une grande influence sur l'intensité et le degré d'élévation du son. Le son est d'autant plus aigu que le biseau est plus près de l'orifice et que la lumière est plus petite, ou que la vitesse de l'air est plus grande, les autres éléments restant les mêmes.

En variant d'une manière convenable les éléments précédents, on fait rendre à un tuyau divers sons. Il arrive souvent qu'en augmentant la vitesse du courant, on obtient d'un même tuyau une série d'harmoniques. Mais il y a toujours, pour un tuyau donné, une disposition de lumière et de biseau qui, pour des vitesses d'écoulement comprises entre des limites assez étendues, ne feront produire au tuyau qu'un seul son. Tous ces faits trouvent leur explication dans les expériences déjà citées.

Les liquides se comportant absolument comme les gaz, on peut les faire entrer en vibration de la même manière, comme l'a si bien établi Savart. Aussi, afin de déterminer la vitesse du son dans les liquides, Wertheim (1) a-t-il employé des tuyaux d'orgue, à bouche, pleins d'eau, qu'il a mis en vibration de la même manière que les tuyaux ordinaires pleins de gaz.

Causes qui modifient le son dans les tuyaux. — Les lois de D. Bernouilli, que nous avons fait connaître plus haut, ne s'appliquent qu'à des tuyaux très longs relativement à leurs dimensions transversales. Quand celles-ci augmentent et que le tuyau change de forme et de nature, le sons produits par des tuyaux de même longueur, mais de diamètres différents, sont profondément modifiés. Nous supposerons d'abord des tuyaux assez épais pour que leur nature n'ait aucune influence sur le son du gaz qu'ils renferment.

Dans les *tuyaux cylindriques*, les sons fondamentaux, pour des longueurs égales, ont d'autant plus de gravité que le tuyau est plus large.

Savart a reconnu que, dans les *tuyaux prismatiques*, les nombres de vibrations

(1) *Ann. de phys. et de chimie*, 3e série, t. XXIII, p. 434.

ne dépendaient pas de la dimension parallèle à la lumière, et qu'on pouvait, sans changer le son d'un tuyau, couper ce dernier par des plans perpendiculaires à l'embouchure. Il a, de plus, constaté que, dans les tuyaux prismatiques, les nombres de vibrations étaient réciproquement proportionnels à la surface de la lame d'air perpendiculaire à l'embouchure.

Pour des *tuyaux semblables* et semblablement embouchés, les nombres de vibrations sont réciproques aux dimensions linéaires des tuyaux.

Avec des *tuyaux cubiques* ou *sphériques*, on a des sons très graves sous un très petit volume : ainsi, un tuyau cubique de 54 lignes de côté donne le même son qu'un tuyau prismatique de 2 pieds.

Savart a démontré, en outre, que les tuyaux qui rendent le plus de son ou qui le renforcent le mieux, sont ceux dont le diamètre égale la longueur, lorsque le corps vibrant est un timbre (1).

Wertheim (2), qui a publié récemment des expériences sur les vibrations des colonnes d'air dans les tuyaux à bouche, a donné des formules empiriques pour représenter les influences exercées par les divers éléments sur les sons des tuyaux. Il a surtout étudié le rôle des bouches dans les tuyaux complétement ou partiellement ouverts. Nous nous contenterons de renvoyer le lecteur à cet important travail.

Lorsque les tuyaux n'offrent plus une résistance suffisante, non seulement leurs vibrations influent sur le timbre comme dans des tuyaux épais, mais les sons peuvent baisser par suite de la réaction des vibrations des parois des tuyaux sur celles de l'air. D'après Savart (3), des tuyaux membraneux de papier mince ou de caoutchouc produisent, pour une même longueur, des sons beaucoup plus graves que ceux d'un même tuyau à parois rigides, et le son est d'autant plus grave que ce tuyau est plus mince et à parois plus flexibles. Il nous faudra revenir sur ces faits importants en traitant de la voix.

2° *Anches.*

Un autre moyen de mettre les colonnes d'air en vibration consiste dans l'emploi d'une petite lame placée au bout et quelquefois sur le côté d'un tuyau. On a beaucoup varié la forme et la disposition de cette petite lame ou *anche*. Dans les instruments les plus anciens, par exemple le chin-chinois, l'anche est située latéralement et vibre librement dans une petite rainure de cuivre. Dans les instruments actuels, le tuyau sert de porte-vent ; à la partie supérieure de ce dernier, on enfonce, comme un bouchon, un tube de cuivre plat et muni latéralement d'une fente rectangulaire. Sur cette fente, qu'on nomme la *gouttière*, est placée une lame de métal ou *languette* qui tient l'orifice fermé totalement ou partiellement. Quand la languette vibre dans la fente, l'anche est dite *libre*. Pour régler l'appareil, on prend un fil de cuivre terminé par un appendice qui presse l'anche dont la longueur vibrante est déterminée par la position de cet appendice ou *rasette*. En enfonçant ou retirant la rasette, on diminue ou l'on augmente la longueur de la lame vibrante. A la partie supérieure du tuyau se trouve presque toujours une colonne d'air, de forme et de longueur quelconques, qui vibre à l'unisson de la languette et en

(1) *Rec. cit.*, 2e série, t. XXIV, p. 56 ; t. XXIX, p. 404.
(2) *Ann. de phys. et de chimie*, 3e série, t. XXXI, p. 385.
(3) *Rec. cit.*, 2e série, t. XXX, p. 79.

renforce le son. Le tuyau inférieur et principal est aussi le siége de vibrations qui s'accordent avec les premières et augmentent leur intensité. Les anches libres rendent un son plus agréable que celles qui frappent sur la gouttière, et qu'on appelle *anches battantes*. Le son dû aux chocs périodiques de ces dernières se joint à celui de l'air et de la lame, et donne au son définitif un timbre particulier nasillard, qui parfois est nécessaire pour détruire la monotonie des sons dus aux anches libres.

Quel que soit le mode qu'on emploie pour faire vibrer une anche libre, le souffle, le choc ou l'archet, elle vibre en suivant les lois des lames. C'est ainsi que les sons obtenus dans les boîtes à musique sont conformes aux lois que nous avons exposées plus haut.

a. — Anches rigides. — On a proposé plusieurs explications des sons produits par les anches. Elles doivent être examinées avec détail, parce que, jusqu'à présent, elles ont servi de base à la théorie de la voix.

1° Si l'on prend une anche simple, placée dans l'ouverture rectangulaire d'une plaque solide, et qu'après avoir appliqué cette plaque sur un porte-vent, on souffle sur la lame, celle-ci entre en vibration et produit un son très intense. On pense généralement que le son obtenu est celui que rendrait l'anche si on la faisait vibrer avec un archet. Ainsi employées, les anches servent à la construction des accordéons, des harmonicas à bouche, des harmoniums, etc.

On est autorisé à admettre, contrairement à l'opinion générale, que, pressée par l'air, l'anche abandonne sa position d'équilibre, et s'en écarte jusqu'à ce que la pression atmosphérique soit en équilibre avec la force élastique de la lame vibrante; mais, la pression de l'air diminuant par l'écoulement, la lame revient sur elle-même et exécute un mouvement vibratoire entretenu par la sortie de ce fluide. Dans ce cas, l'air éprouve un écoulement périodiquement variable, et détermine, sur le fluide extérieur, des chocs périodiques auxquels on doit attribuer le son. Les oscillations de la lame règlent la périodicité de l'écoulement, et le son est formé exactement comme dans la sirène. Le son de l'anche se mêle à celui de l'air, et donne à ce dernier le timbre particulier à l'anche elle-même.

Il est impossible d'admettre que le son perçu soit dû aux vibrations de l'anche et aux chocs de cette lame contre l'air; car si, par un moyen quelconque autre que l'insufflation, on fait vibrer une anche, on entend un son de lame très faible, mais qui acquiert une grande intensité quand l'anche est placée dans un courant d'air.

On se rappelle, à ce sujet, les expériences de G. Weber et celles de Cagniard-Latour (1): ayant adapté des anches à des tuyaux capables de rendre le même son que ces lames, ils ont trouvé, en excitant le mouvement vibratoire des anches avec un archet, que le son est faiblement renforcé par le tuyau; qu'au contraire, si l'on fait passer un courant d'air sur l'anche en vibration, le son devient très intense.

Nous citerons encore, à ce propos, une expérience remarquable d'Isoard, facteur de pianos. Il a fait construire des pianos droits dont les cordes étaient placées dans des fentes pratiquées sur une table commune; une soufflerie pouvait projeter sur elles un courant d'air. Lorsqu'on ébranlait les cordes avec les marteaux, on avait les sons ordinaires du piano; mais si, pendant les vibrations des cordes, on

(1) Dans le journal *l'Institut*, n° 287, p. 219.

faisait agir la soufflerie, on obtenait des sons d'une prodigieuse intensité et d'un grand effet. Il est bien évident ici que ces derniers sons provenaient des chocs successifs imprimés à l'air extérieur par le courant de gaz intérieur. Les sons étaient identiques dans les deux cas. Ainsi la périodicité dans l'écoulement était produite et réglée par les oscillations de la corde.

2° Dans les appareils formés de tuyaux mis en vibration par des anches, le problème est plus complexe. La théorie des anches, adoptée pour ce cas spécial, a été exposée par J. Müller (1) dans les termes suivants :

« La manière dont la languette est mise en vibration ne me paraît pas avoir été jusqu'à présent expliquée d'une manière satisfaisante. Voilà, selon moi, ce qui arrive. Lorsqu'on souffle, la languette est chassée hors de l'ouverture du châssis; en vertu de la loi de l'inertie, elle fuit devant le corps qui la pousse, jusqu'à ce que son élasticité, qui croît proportionnellement à sa flexion, fasse équilibre à sa vitesse. Comme la pression de l'air continue toujours, la languette demeurerait dans cette situation si l'on continuait de souffler; mais, une fois qu'elle a été écartée, la pression est bien moindre que quand elle se trouvait encore engagée dans le châssis, de sorte que son élasticité la force à revenir sur elle-même comme un pendule, et que même, par l'effet soutenu de cette élasticité, elle rétrograderait avec une vitesse accélérée, si la pression continue de l'air ne la retardait un peu. Dès qu'elle est parvenue dans le châssis, la pression de l'air, devenue plus forte, la repousse de nouveau. Si cette pression ne variait pas, elle maintiendrait la languette dans la même situation, celle que comporterait sa résistance. »

La théorie des anches comprend deux parties bien distinctes. Dans la première, on doit donner l'explication du mouvement vibratoire de la languette ; dans la seconde, expliquer l'origine des vibrations sonores. J. Müller (2), dans le passage précédent, a exposé ses idées seulement sur la première partie. Nous trouverons, plus loin, son opinion sur le second point qui est le plus important. Du reste, la théorie de ce physiologiste, sur les vibrations des anches, n'est pas, comme il le croit, une théorie nouvelle : elle se trouve déjà dans plusieurs ouvrages justement estimés (3).

A propos des explications émises plus haut par l'auteur allemand, nous ferons les remarques suivantes :

Les languettes, obéissant au mouvement et à la pression périodiques de l'air, ne peuvent plus exécuter le même nombre de vibrations qu'à l'état de liberté ou dans les conditions signalées précédemment. L'air est le principal agent des mouvements de la languette qui, pour nous servir d'une comparaison propre à rendre notre pensée, est soumise à une action purement mécanique, analogue à celle que produirait une roue dentée. Les vibrations de l'anche ne sont donc point dues à sa seule élasticité; elles *sont déterminées par la sortie périodique de l'air*, et le phénomène rentre dans la classe des phénomènes nombreux qui dépendent des propriétés mécaniques des fluides et de leur écoulement.

Le problème est plus difficile à résoudre et plus compliqué qu'on ne l'avait cru jusqu'ici : toutefois, les faits qui seront rapportés plus loin viendront à l'appui de cette dernière opinion qui n'est pas non plus nouvelle. Ainsi, dans le *Traité de*

(1) *Manuel de physiol.*, trad. de JOURDAN avec additions de LITTRÉ, t. II, p. 137.
(2) *Loc. cit.*
(3) Voy. SAVART, *Leçons d'acoustique* dans le journal *l'Institut*, n° 336, p. 195.

physique de Biot (1), on lit : « Il importe de faire remarquer que ce n'est pas la languette qui, par ses *vibrations propres*, ferme et ouvre tour à tour la rigole; c'est l'air qui l'y pousse et qui la ramène. Le son dépend de ces chocs et de ces retours plus ou moins rapides. Si le point d'attache est fixe ainsi que la longueur de la languette, l'air aura besoin d'une force d'autant plus grande pour l'amener contre la rigole qu'elle en sera plus éloignée. Ainsi l'augmentation de cet éloignement devra rendre les battements plus rares, et par conséquent, plus grave le son qui en résulte, c'est ce qu'on observe constamment : au contraire, on rendra le son plus aigu, si l'on raccourcit la partie libre de la languette, toutes les autres choses restant les mêmes, parce que son extrémité aura moins de chemin à faire pour s'approcher de la rigole et moins à faire aussi pour s'en éloigner. »

L nélément important dans cette question, et qui paraît avoir été négligé jusqu'à présent, c'est la grandeur de l'orifice qui donne écoulement à l'air.

De tout ceci il résulte que la théorie des anches est encore incomplète.

L'anche, dans les tuyaux, ne vibre pas comme si elle était libre, son mouvement est déterminé par l'écoulement de l'air, et elle est passive.

Le son, dans les instruments à anche, nous paraît dû à ce que le mouvement de l'air qui s'écoule par la gouttière, étant animé de vitesse périodiquement variable, imprime à l'air extérieur des chocs périodiques dont le nombre, déterminant le son, peut varier avec la périodicité de l'écoulement qui dépend de la grandeur de l'orifice, de l'élasticité de la lame, de la pression de l'air, etc. Les vibrations de la languette vibrant librement peuvent bien n'être pas d'accord avec celles du tuyau, d'après les expériences de M. A. Masson, et produisent un son très faible qui modifie quelquefois celui du tuyau et en change le timbre; mais il ne saurait être le son principal et intense des instruments à anche. Quand l'anche est battante, les battements de la languette contre la gouttière donnent un son qui, s'ajoutant au premier, en produit un autre d'un timbre particulier et nasillard.

« Il résulte, dit Lamé (2), de ces oscillations périodiques de la languette, des chocs successifs de *l'air contre l'air*, et par suite un son comme dans la sirène. »

J. Müller est complétement opposé à la théorie précédente, et, en la combattant, il cite néanmoins plusieurs faits qui lui sont favorables : « Le son d'une languette, dit-il (3), mise en vibration par percussion est faible; celui d'une languette qui vibre par l'effet du souffle est fort; mais il y a aussi une différence dans la qualité des sons, dont le timbre ne ressemble pas, dans le premier cas, à ce qu'il est dans le second. On conclut de là que l'air, bien qu'il ne modifie pas l'élévation du son en raison de la largeur diverse de l'ouverture, doit cependant exercer sur lui de l'influence, en ce sens que, dans les conditions au milieu desquelles la languette vibre par l'effet du souffle, il éprouve des chocs réguliers sans former des nœuds. On sait qu'il ne faut pour la production d'un son qu'un certain nombre de chocs qui soient propagés à l'organe auditif, et que les vibrations ne donnent lieu à des sons que parce qu'elles déterminent des chocs de ce genre. D'après la manière dont une languette vibre dans son châssis, il doit, assure-t-on, se produire des chocs semblables à ceux qui ont lieu dans la sirène, le passage de l'air se trouvant arrêté au moment de chaque vibration. De même, dans la sirène, les interruptions du

(1) T. I, p. 438. Paris, 1821.
(2) *Ouv. cit.*, t. II, 94.
(3) *Ouv. cit.*, t. II, p. 138.

courant de l'air, en se succédant avec rapidité, font naître un son. L'élévation de ce son de l'air dépend du nombre des interruptions, et comme celles-ci sont dues aux vibrations de la languette, ce nombre doit être égal à celui des vibrations...... Mais cette théorie des sons produit par les languettes n'est rien moins que démontrée. »

Tel est le sentiment du professeur de Berlin, qui a publié sur les vibrations des anches des expériences nombreuses et une explication de la voix qui repose entièrement sur sa théorie des anches. Ses idées, à ce sujet, étant généralement adoptées, il importera de les examiner avec quelques détails. Plus loin, après avoir fait connaître ses expériences, nous verrons si, détruisant l'opinion que nous soutenons, elles peuvent servir à établir incontestablement la sienne.

Dans les instruments à anche, le tuyau à anche ou tuyau porte-vent, les dimensions de l'anche, et le tuyau supérieur ou additionnel, ont une très grande influence sur le son produit.

Lorsqu'on fait vibrer une anche libre, puis un tuyau, on constate que les sons des deux appareils peuvent être très différents du son produit par le système obtenu en ajustant l'anche sur le tuyau. Ce dernier son est susceptible d'être modifié par la distance de l'anche à la gouttière, par la pression de l'air, par la nature des parois du tuyau qu'on peut rendre en tout ou en partie membraneuses. On suppose, dans ce cas, qu'il y a une réaction entre les vibrations de la languette et celles du tuyau, et que par suite de cette réaction les deux systèmes vibrent à l'unisson. La simultanéité des vibrations de l'anche et de l'air du porte-vent serait une conséquence de ce principe, que, dans les systèmes de corps en vibration, toutes les parties vibrent à l'unisson; mais dans le cas particulier des anches, cette simultanéité serait nécessitée par l'écoulement de l'air qui règle *seul* le mouvement de la lame. Il pourrait bien arriver, conformément aux expériences de A. Masson, que le son produit à l'orifice de la gouttière par l'écoulement de l'air fût différent de celui du tuyau. Dans tous les cas, il est impossible d'admettre que c'est la vibration de la languette qui règle uniquement le son; car, sans rien changer à cette lame, mais en forçant le vent, en changeant les dimensions et la nature du porte-vent, en augmentant l'ouverture d'émission de l'air, on parvient à obtenir des séries de sons comprises entre des limites très éloignées, ce qui exclut la possibilité d'une simultanéité de vibrations uniquement déterminée par la réaction des parties vibrantes.

G. Weber a fait beaucoup d'expériences sur les tuyaux à anche; nous en rappellerons les conséquences qui importent le plus au but que nous nous proposons (1) :

« 1° L'union d'un tuyau avec une anche peut rendre le son de cette dernière plus grave, mais ne saurait le rendre plus aigu.

» 2° Le maximum de cet abaissement ne dépasse point une octave.

» 3° En allongeant le tuyau, le son revient au son fondamental primitif de l'anche, qu'on peut ensuite abaisser de nouveau; mais seulement jusqu'à un certain degré.

» 4° La longueur du tuyau nécessaire pour obtenir un abaissement donné dépend toujours du rapport entre les nombres des vibrations de la languette et de la colonne d'air, prises chacune à part.

(1) *Manuel de physiol.* de J. MULLER, t. II, p. 139, édit. cit.

» 5° Ainsi le son du tuyau à anche s'abaisse peu à peu à mesure qu'on allonge le tube, jusqu'à ce que la colonne d'air de celui-ci soit devenue assez longue pour donner seule le même son que l'anche donne également seule. En allongeant davantage le tube, le son revient au son fondamental de l'anche. On peut encore, en allongeant le tube, le faire descendre d'une quarte environ, jusqu'à ce que la longueur du tuyau soit double de celle de la colonne d'air qui aurait le même son que l'anche. Là le son repasse de nouveau au son fondamental de l'anche. L'allongement du tube peut abaisser le son d'une tierce jusqu'à ce qu'un moment vienne où il passe au son fondamental de la languette. Pendant la transition, on peut produire deux sons différents, suivant la force avec laquelle on souffle.

» 6° Si le son de l'anche parlant seule est un des harmoniques du tuyau, l'union de l'anche avec le tuyau ne fait pas nécessairement changer le son de la première quand on souffle doucement ; mais lorsqu'on souffle avec force, le son peut être abaissé au-dessous de celui de l'anche, ou d'une octave, ou d'une tierce mineure, ou d'une quarte ou d'autres intervalles correspondants aux nombres 7/8, 9/10, 11/12. »

Les expériences de G. Weber n'ont rien qui ne soit d'accord avec ce que nous avons avancé précédemment sur la production du son par les anches. Elles se résument en quelques mots : soient a la longueur du tube ouvert qui produirait le même son que l'anche seule $(4ai+l)$, la longueur du porte-vent, i étant un nombre entier et l la partie ajoutée au delà d'un multiple de $4a$. Lorsque l varie de o à a, le tuyau à anche donne le même son que l'embouchure seule ; si elle croît de a à $2a$ le son baisse sensiblement de $l=2a$ à $l=3a$, le ton de l'anche diffère promptement de celui de la plaque, et la longueur des vibrations croît à peu près comme la longueur du tuyau. Ainsi, dans ce cas, le tuyau vibre et donne un son qui n'est pas exactement celui que donnerait la théorie, à cause de l'influence de l'embouchure dont il faut tenir compte. De $l=3a$ à $l=4a$, le ton baisse encore plus rapidement et atteint une limite qui dépend de i. Dans ce décroissement, la durée des vibrations croît exactement comme la longueur du tuyau. Lorsque l surpasse un peu $4a$, le son remonte tout à coup à celui de la plaque, et la même série recommence à l'exception de la limite inférieure du son qui diffère de la précédente. Ainsi, pour $i=o$ et l croissant de a à $4a$, le son s'abaissera et donnera pour $4a$ une octave grave du son de la plaque ; pour $i=1$, et par conséquent pour un tuyau croissant de $4a$ à $8a$, le son s'abaissera successivement, et à $8a$ il sera d'une quarte plus bas que le son de la plaque. Enfin, pour un tuyau variant de $8a$ à $12a$, le son s'abaissera, et à $12a$ il sera d'une tierce mineure plus bas que le son de la plaque.

Ainsi, on voit que pour $4a$ on aura ut_2 ou $\frac{4a}{2}$, c'est-à-dire l'octave aiguë du tuyau ayant pour longueur $4a$; pour $8a$ on aura le son correspondant à $\frac{4a}{3}$, c'est-à-dire le sixième harmonique du tuyau, dont la longueur est $8a$, car $\frac{4a}{3}=\frac{8a}{6}$. Enfin, pour $12a$ on aura le son correspondant à $\frac{6a}{5}$, qui est égal au dixième harmonique du tuyau $12a$, c'est-à-dire égal à $\frac{12a}{10}$.

Les résultats de G. Weber confirment pleinement tout ce que nous avons dit sur les vibrations des tuyaux et les instruments à anche.

Savart (1), de son côté, a avancé que la colonne d'air du tuyau porte-vent vibre toujours comme un tuyau ouvert, et que le son grave ou aigu qu'on obtient est toujours un harmonique de cette colonne ; qu'il y a, en outre, réaction entre l'air et la languette dont le son s'abaisse à l'unisson de celui de la colonne qui a l'intensité la plus grande.

A. Masson pense que cette dernière proposition de Savart n'est pas démontrée, et que le son de l'anche est, dans beaucoup de cas, différent de celui du tuyau sans cesser d'être un de ses harmoniques.

b. — Anches membraneuses. — Dans l'étude des anches membraneuses, nous nous baserons principalement sur les travaux de J. Müller, en rappelant toutefois que Biot avait depuis longtemps employé ces espèces d'anches, et que Cagniard-Latour avait publié sur ce sujet une série non interrompue de mémoires qui se trouvent dans les bulletins de la Société philomatique (2). Malgré les recherches de ces habiles physiciens, J. Müller pense que, jusqu'à ses propres expériences sur les anches membraneuses, on n'était point autorisé à établir un parallèle complet entre ces instruments et l'organe vocal. Les travaux du physiologiste allemand, sur ce point de la science, jouissent d'une si grande considération, que nous regardons comme un devoir de les exposer avec quelque développement, nous réservant de les discuter plus loin et d'en juger les conséquences dans leur application à la théorie de la voix.

Avant d'entrer en matière, qu'il nous soit permis de rappeler avec Savart : 1° que les lames métalliques, fixées par un bout, obéissent dans leurs vibrations aux lois qui déjà ont été exposées à propos des vibrations transversales des verges ; 2° que les bandes flexibles, métalliques ou membraneuses, très minces, vibrent comme les cordes, lorsqu'elles sont fixées à leurs deux extrémités ; 3° que les membranes, tendues et fixées par leurs bords, vibrent d'après les lois citées pour les plaques.

Anches membraneuses simples sans tuyau. — « Les anches simples de cette espèce, dit J. Muller (3), correspondent à la guimbarde et à l'harmonica à bouche simple. Après avoir étendu une plaque de caoutchouc en membrane mince, j'en détache une étroite lanière ayant une ou deux lignes de large, et je tends cette lanière, en travers, sur un anneau de bois ou sur un cadre carré. Étant alors pincée à la manière d'une corde, elle donne un son faible et sourd, mais aussi mauvais que celui qu'une languette métallique produit par percussion. Si, de chaque côté du fil élastique plat, on fixe sur l'anneau une plaque rigide de carton ou de bois, de manière que les deux plaques soient affleurées avec le fil, entre lequel et elles il ne reste qu'une fente étroite, on obtient un harmonica à bouche, dont la languette est de caoutchouc. Cet instrument donne alors, comme l'harmonica à bouche, un son pur, fort et plein. Mais on peut aussi, sans entourer cette languette d'un cadre, et sans que l'air passe sur ses côtés par des fentes, obtenir d'elles des sons pleins, d'une autre manière et en vertu du même principe. J'ai déjà dit, en parlant des languettes métalliques, que celle d'un harmonica à bouche débarrassée de son

(1) Dans le journal *l'Institut*, n° 336, p. 196.
(2) *Même journal*, année 1836 et suiv.
(3) *Manuel de physiol.*, trad. de JOURDAN, édit. cit., t. II, p. 112 et suiv.

châssis, et fixée par l'un de ses bouts, peut, pourvu qu'elle soit très longue, être mise en état de vibration sonore par un courant d'air rapide et délié qu'à l'aide d'un tube très mince on dirige sur l'un des bords latéraux, immédiatement au-dessus de l'extrémité. Cependant on a de la peine à y parvenir avec les languettes métalliques, parce qu'elles sont trop roides. On réussit très bien avec des lanières de caoutchouc dont je viens de parler. Qu'on tende un ruban étroit de gomme élastique sur un cadre de huit lignes à un pouce de diamètre; qu'ensuite à l'aide d'un tube délié, on souffle sur l'un de ses bords dans une direction perpendiculaire à sa surface, il vibre d'un côté à l'autre, en faisant entendre un son. Ou, ce qui vaut mieux encore, qu'on souffle obliquement de côté sur la surface du ruban, il se produit aussitôt des vibrations de haut en bas, avec un son fort et pur, ayant la même résonnance que celui qu'on obtient lorsque, le ruban étant tendu entre deux jambages solides, on souffle à travers la fente. Ce son naît évidemment de la même manière que dans les languettes métalliques. Quand un courant d'air délié vient frapper le ruban, celui-ci s'éloigne du corps qui le choque ; mais, comme son élasticité croît à mesure qu'il s'étend, un moment arrive où cette élasticité fait équilibre à sa vitesse, et alors le ruban exécute la vibration rétrograde, qui le ramène assez près du courant pour qu'il doive être repoussé de nouveau. Que le courant d'air tombe obliquement sur le milieu du ruban, ou qu'il passe entre le milieu et les points terminaux, le son fondamental de ce ruban doit se produire dans les deux cas : quelquefois, lorsque le courant s'écarte davantage du milieu, il apparaît un autre son que le son fondamental. Mais le son dépend aussi, en quelque sorte, de la force avec laquelle on souffle. Si l'on applique le tranchant d'une spatule sur le milieu du ruban, dans une direction perpendiculaire à sa surface, de manière qu'il repose à la fois sur deux points, et qu'ensuite on souffle sur la moitié du ruban, on obtient l'octave du son fondamental. Une tension plus considérable élève le son, qui n'en demeure pas moins pur et plein. Quant à la force du souffle, elle peut hausser le son fondamental du ruban d'un demi-ton et plus. En général, cependant, ces languettes élastiques par tension changent leurs vibrations absolument de la même manière que les cordes, c'est-à-dire que les nombres des vibrations croissent en raison inverse des longueurs, et probablement par cela même, en raison directe des racines carrées des forces tensives. C'est déjà là une différence importante entre elles et les languettes métalliques, qui se comportent comme les verges, puisque, à égalité d'épaisseur, les nombres de vibrations sont en raison inverse des carrés de leurs longueurs. Les languettes membraneuses ne diffèrent des cordes que parce que le mode d'embouchure modifie un peu le son, quoique la languette continue de vibrer en plein, ou de toute sa longueur, comme une corde. Lorsqu'après avoir tendu sur un tuyau une languette membraneuse embrassée par un cadre, on souffle par le tuyau, un son se produit, soit qu'on pousse l'air, soit qu'on l'attire ; mais, à égalité aussi parfaite que possible d'embouchure, ce son varie dans les deux cas: dans le second, il est la plupart du temps plus grave d'un semi-ton entier. La largeur de la fente, entre les branches et la languette élastique, n'a pas d'influence bien notable sur l'élévation du son; mais le souffle parle plus facilement lorsque cette fente est plus étroite. La force du souffle peut élever un peu le son, par exemple d'un semi-ton ; celle de l'aspiration de l'air peut également l'élever un peu. Si la languette heurte, en un point quelconque, une inégalité du rebord des branches latérales qui l'embrassent, il se produit là un nœud de vibration, et l'on entend un son beaucoup plus élevé que le son fondamental. »

Tous les faits et toutes les assertions qui précèdent sont loin de s'accorder avec cette idée, que le son est produit uniquement par l'anche. Il est impossible, en effet, d'admettre que le son d'une lame ou d'une corde change avec le moyen mécanique employé pour son ébranlement. On peut admettre, dans certains cas, une réaction entre les différentes parties d'un système; mais cette réaction ne saurait exister dans des limites aussi étendues que celles qui viennent d'être mentionnées, ni avoir lieu dans le cas simple d'une anche libre et sans tuyau où aucune partie *vibrante* ne peut réagir sur les vibrations de la lame.

Mais poursuivons notre examen critique :

Les languettes métalliques, dont la force élastique est très grande, entrent difficilement en vibration, lorsqu'étant libres, on souffle dessus par un tuyau mince et parallèlement à leur surface; il est nécessaire, pour avoir un son, de les mettre en vibration par un moyen mécanique. Dans ce cas, nous avons déjà prouvé que le son produit est très faible, et qu'il augmente par l'insufflation.

On a fréquemment cité la guimbarde comme un instrument à anche, capable de produire un très grand nombre de sons sans changer de forme; et J. Müller revient souvent à cet instrument dont la théorie est mal connue, et qui mérite une étude spéciale. Tout ce qu'on sait, jusqu'à présent, sur la guimbarde consiste en ceci : Placée à l'extrémité d'un tuyau quelconque, elle rend un son à peu près nul quand on ne souffle pas; mais, lorsqu'on établit un courant d'air dans le tuyau pendant qu'elle vibre, le son augmente tout en restant le même, quelle que soit la grandeur du tuyau. Il faut bien admettre alors que le son est produit par la sortie de l'air, rendue périodique par les vibrations de la languette. Mise dans la bouche, la guimbarde paraît faire entendre plusieurs sons. Jusqu'à présent, on n'a donné aucune théorie satisfaisante de ce phénomène : nous pensons que la guimbarde produit un seul son modifié, dans son timbre et son intensité, par les dimensions de la cavité buccale; d'où des illusions qui ont conduit à supposer que le nombre des vibrations de cet instrument pouvait varier.

Lorsqu'on tend une lanière membraneuse (papier, caoutchouc, etc.), et que, parallèlement à la face et contre le bord, on dirige un courant d'air large et mince, la lame entre en vibration et rend des sons assez intenses. C'est le seul cas où une anche libre puisse donner des sons intenses. On n'arrive pas au même résultat en soufflant normalement à la lame ou à son bord. Le phénomène dont il s'agit mériterait d'être étudié spécialement, et J. Müller lui-même ne l'a pas envisagé dans toutes ses particularités. Quand on souffle sur une lame de papier, on reconnaît que le son change avec la distance de la lame à la bouche, que l'ouverture de la bouche et la pression de l'air doivent être changées avec les dimensions et les tensions de la lame. Par conséquent, tout semble prouver que la lame doit vibrer à l'unisson de l'air qui sort par l'orifice; que cet air se partage, lorsqu'il frappe la lame, en deux parties vibrantes, qui mettent en mouvement l'air extérieur comme les embouchures solides, et que le son produit est seulement renforcé par les vibrations de la lame élastique, agissant, dans ce cas, comme une simple membrane dont les amplitudes de vibrations sont très énergiques. Cette action est analogue à celle des membranes que Savart employait pour mettre en évidence les sons des nappes liquides.

Peut-on dire, avec J. Müller (1) : « Quand un courant d'air délié vient frapper

(1) *Loc. cit.*

le ruban, celui-ci s'éloigne du corps qui le choque ; mais comme son élasticité croît à mesure qu'il s'étend, un moment arrive où cette élasticité fait équilibre à sa vitesse, et alors le ruban exécute la vibration rétrograde qui le ramène assez près du courant pour qu'il doive être repoussé de nouveau. »

D'après cette explication, on devrait admettre que la sortie de l'air est rendue périodique par les oscillations de la lame, et conséquemment que les vibrations de celle-ci sont à la fois cause et effet : car la lame ne peut osciller que quand l'air est arrivé à une tension suffisante, et alors ses vibrations sont un effet de la sortie de l'air ; la lame vient fermer périodiquement l'ouverture, alors elle devient cause. Nous retrouvons ici les mêmes phénomènes que dans les anches ordinaires, et nous n'hésitons pas à maintenir notre première explication.

Voyons les conséquences : On prend un tube aminci, terminé par un orifice rectangulaire de quelques centimètres ; on place devant la fente et parallèlement à l'orifice une mince bande de papier tendue, et l'on souffle ; un son très intense se fait entendre. Comment croire ici que l'air mette, par son écoulement simple, la lame en vibration ? Tout est parfaitement symétrique de chaque côté du plan de la lame, le courant d'air se partage en deux. N'est-il pas évident que, dans ce cas comme dans les tuyaux à bouche, la sortie de l'air est périodiquement variable ; que les deux lames résultant de la présence du biseau oscillent et frappent l'air, et en même temps la membrane dont les oscillations énergiques renforcent le son ? On s'explique alors pourquoi il faut changer la grandeur de l'orifice et la pression de l'air pour une lame donnée. Dans ce cas, le son sera le plus intense possible lorsque les vibrations de l'air seront à l'unisson de celles de la membrane. On conçoit pourquoi le son peut monter, comme l'a reconnu J. Müller, qui, sans s'expliquer à cet égard, se contente de dire que les anches membraneuses diffèrent des cordes parce que le mode d'embouchure modifie le son. On comprend encore pourquoi le son change si l'on écarte la membrane à plusieurs centimètres de l'ouverture. Savart a démontré, en effet, que, dans les nappes liquides, le son était d'autant plus grave qu'on s'écartait davantage de l'orifice.

Ainsi, dans le cas des anches membraneuses, le son est encore *produit* par l'écoulement périodique de l'air, et renforcé quelquefois par les vibrations de la lame.

Anche membraneuse tendue dans une fente rectangulaire. — Les phénomènes et l'explication des sons produits dans ce cas sont les mêmes que pour les anches métalliques.

« Les anches membraneuses, élastiques par tension, dit J. Müller (1), peuvent être réalisées sous des formes plus variées que celles qui ont été indiquées jusqu'ici.

» Je n'ai encore parlé que du cas d'un ruban élastique tendu, à la manière d'une corde, entre deux branches rigides, ce qui fait qu'il existe une fente sur chacun de ses deux bords. Deux autres formes encore sont possibles :

» 1° Une membrane élastique couvre une moitié ou une partie quelconque du bout d'un tuyau très court, et la portion sur laquelle elle ne s'étend point est couverte par une plaque rigide, laissant une fente entre elle et la membrane.

» 2° Deux membranes élastiques sont tendues de telle manière, sur le bout d'un tuyau très court, que chacune couvre une partie de l'ouverture, et qu'elles laissent entre elles une fente.

(1) *Ouv. cit.*, t. II, p. 144.

» Lorsque la fente est bornée, d'un côté, par la membrane élastique, et d'un autre côté par une plaque rigide, à bord tranchant, par exemple de carton ou de bois, le résultat est le même que dans le cas d'une languette libre des deux côtés. Le son qu'on détermine en soufflant à travers le tuyau est d'un demi-ton à un ton entier plus élevé que celui qu'on produit en poussant un courant d'air délié sur la membrane elle-meme et le dirigeant vers son bord. Dans tous les cas, on peut, en soufflant avec plus de force, élever de deux semi-tons, mais pas davantage, le son produit par le souffle. Celui qui a lieu quand on aspire l'air est plus aigu ; il n'est plus grave que quand la plaque rigide se trouve placée un peu en dedans, et que son bord est situé derrière la membrane. Si l'on emploie un tuyau rond, la membrane n'est tendue, comme dans le cas d'un tuyau quadrilatère, que suivant une direction parallèle à la fente : or, on sait que les membranes tendues dans un sens vibrent d'après les mêmes lois que les corps filiformes élastiques par tension. Les expériences dont je parle ici en fournissent aussi la preuve ; car, lorsqu'on tend une membrane de caoutchouc sur un châssis carré, de manière qu'elle ne soit tendue que dans une seule direction, l'un des bords étant libre et le bord opposé reposant sur le châssis, la lame entière donne le son fondamental si l'on souffle avec force sur le bord au moyen d'un petit tube très fin, tandis que, si l'on place un fil sur elle en travers, on peut, à l'aide du souffle, faire rendre l'octave à chacune de ses deux moitiés.

» Comme les membranes tendues dans un seule direction changent leurs vibrations d'après les mêmes lois que les corps filiformes élastiques par tension, il résulte de là qu'à égalité de tension, et l'embouchure restant la même, l'élévation du son augmente en raison inverse de la longueur de la membrane ou de la fente comprise entre la lame élastique et la plaque rigide.

» Je ne me suis point aperçu que la largeur de la fente influât sur l'élévation du son, comme il arrive avec les languettes métalliques : mais le souffle ne parle plus dès que la fente est trop large.

» La situation du châssis, par rapport à la languette, est une circonstance importante. Lorsque le bord de la plaque de laiton est situé précisément en face de la languette membraneuse, le son peut être plus élevé de l'intervalle *ut-fa*, ou moins que quand la plaque solide est un peu plus avancée que la lame élastique.

» Le cas le plus intéressant est celui dans lequel deux membranes élastiques limitent la fente, de manière à imiter une glotte ; ces membranes peuvent être également ou inégalement tendues.

» Les membranes de caoutchouc tendues faisant entendre un son lorsqu'on dirige un courant d'air sur leurs bords, cette particularité nous fournit le moyen d'amener au même degré de tension deux membranes de gomme élastique d'égale longueur, en changeant leur tension jusqu'à ce qu'elles rendent le même son quand on souffle sur leur bord avec un tube délié. Pour que l'une d'elles résonne sans l'autre, on abaisse un peu celle qu'on ne veut pas faire parler, on la couvre d'une lame mince de carton. Une fois qu'elles sont tendues bien également l'une à côté de l'autre sur un châssis carré, on examine quel est le son qu'elles produisent ensemble. Je l'ai trouvé plus grave que le son fondamental donné par chaque lamelle isolée au moyen d'un courant d'air dirigé sur elle avec un petit tube. Chacune d'elles donnant le *la*, leur son commun était *sol* ♯ ; leur son propre étant *ut*, elles faisaient entendre ensemble *si* ; étant accordées chacune en *si*, elles donnaient ensemble *la* ♯. Quand elles ne rendent pas toutes deux le même son, à cause d'une inégalité dans

leur tension, il paraît souvent ne point s'établir d'accommodation semblable à celle qui a lieu entre les vibrations de la languette métallique et de l'air du tuyau. On parvient rarement à obtenir les sons des deux lamelles avec le souffle. Le son que l'on entend en soufflant est ordinairement unique, comme si la lamelle plus tendue ou celle qui l'est moins ne résonnait pas, ou comme on l'entend lorsqu'on empêche l'une des deux lames de vibrer en appliquant dessus une plaque de carton. Il arrive fréquemment que la lamelle qui parle avec peine, parce qu'elle est accordée trop bas, ne vibre que faiblement, et qu'elle est poussée un peu en avant.

» Les expériences suivantes expliquent la résonnance d'un seul côté. Par exemple, les deux lamelles étaient accordées de manière à donner deux sons différents d'une octave. Si l'on soufflait sur l'une par le tuyau sur lequel elle était tendue, pendant qu'on tenait une plaque solide appliquée sur l'autre côté de la fente, elle donnait *ré*. Lorsqu'on enlevait la plaque solide, de manière que les deux lamelles, entre les tensions desquelles il y avait une octave de différence, limitassent la fente, le son était également *ré*, comme dans le cas où l'on retenait une des lamelles, et, en soufflant avec force, on pouvait le faire monter jusqu'à *ré* ♯, *mi*, *fa*. Quand le son produit immédiatement sans tuyau, par un courant d'air délié, était *mi* pour la lamelle la moins tendue, et *si* pour l'autre, de manière que la différence entre elles fût d'une quinte, le son que l'on obtenait par le tuyau, après avoir posé une plaque de carton sur la plus étendue, était *sol*. En retirant la plaque, de manière que les deux lamelles limitassent la fente, le son fondamental obtenu par le tuyau était également *sol*. Si l'une des lamelles donnait *ut*, et l'autre tendue *ré* ♯, j'obtenais, en soufflant doucement dans le tuyau, *ut*, c'est-à-dire le son fondamental de la lamelle la plus grave. Dans ce dernier cas, la lamelle donnant le son le plus aigu se comportait d'une manière passive, et n'influait pas sur les vibrations de celle qui donnait le son le plus grave. Mais il paraît que les vibrations agissent réellement quelquefois les unes sur les autres. Cagniard-Latour a déjà obtenu ce résultat dans une expérience analogue, c'est-à-dire qu'il a vu s'accommoder ensemble des vibrations des deux lamelles différemment accordées, et que, par exemple, quand la différence entre celles-ci était d'une quinte, le son produit en commun offrait la moyenne, ou la tierce. Je ne puis mettre en doute ce résultat ; mais je dois appeler l'attention sur une source d'erreur dans ces sortes d'expériences. On croit souvent apercevoir une accommodation là où il n'y en a point, à proprement parler. Ainsi, dans une expérience que j'ai faite, la différence entre les deux lamelles était d'une octave ; l'instrument donnait le *si*, et la lamelle la plus tendue faisait entendre le *fa* au-dessus ; il semblait qu'une accommodation eût lieu dans ce cas, et que la lamelle donnant *fa* produisît le *si* avec celle qui était plus grave qu'elle d'une octave. Mais l'accommodation n'était qu'apparente ; car, lorsque je repoussais la lamelle la plus grave, et plaçais une lame de carton contre l'autre, de manière que les deux bords ne fussent plus en face l'un de l'autre, mais que la lame solide fît une légère saillie au-dessus de la lamelle élastique, celle-ci, en parlant seule, donnait non plus *fa*, mais *si*, comme elle aurait fait si la fente eût été limitée par deux lamelles. La lame solide avait ici la même situation absolument que la lamelle la plus grave prend, tandis qu'on souffle, lorsqu'elle limite inégalement la fente ; en effet, le souffle la chasse un peu en avant, et elle ne vibre que faiblement.

» La règle est celle-ci : La lamelle qui résonne est celle qui peut le plus facilement être mise en vibration par le souffle, et, si l'embouchure est appropriée au mouvement des deux lamelles, elles peuvent vibrer toutes deux, et s'accommoder en-

semble pour produire un son simple ; mais elles peuvent aussi donner des sons différents, c'est-à-dire que l'embouchure peut, lorsqu'elle change, produire les deux sons l'un après l'autre.

» Les languettes métalliques de l'harmonica à bouche ne s'accommodent point lorsqu'on les fait parler ensemble par le même porte-vent de la bouche.

» Les membranes élastiques peuvent, du reste, être placées aussi les unes sur les autres par leurs bords. Dans ce cas également, on obtient des sons purs en soufflant.

» On peut modifier beaucoup les sons en posant le doigt sur différents points de la lamelle vibrante. Ces expériences ont été faites avec des membranes de caoutchouc qui étaient tendues sur l'extrémité d'un cylindre. Quand je posais le doigt sur le pourtour extérieur d'une des lamelles, le son s'élevait un peu, et, à mesure que je rapprochais le doigt de la fente, l'acuité des sons produits par le souffle augmentait.

» Les anches membraneuses diffèrent des anches métalliques quant au changement que le son subit lorsqu'on souffle avec plus de force. Un corps qui exécute des vibrations longitudinales, comme une colonne d'air, rend un son un peu plus aigu comme on donne plus de force au souffle ; un corps qui exécute des vibrations transversales donne des sons un peu plus graves lorsque ses excursions sont grandes, comme il arrive aux cordes et aux languettes métalliques. De là vient que le son d'une anche métallique est un peu plus grave quand on souffle plus fort (ce qui tient peut-être à ce que la base de la languette métallique ne vibre point quand le souffle est faible). Mais les lamelles membraneuses ne se comportent point, à cet égard, de la même manière que d'autres corps qui vibrent en travers, comme les cordes. En effet, toutes les fois qu'on souffle avec plus de force, le son devient plus aigu. Cependant il me semble aussi que le son d'un harmonica à bouche à languette métallique mince s'élève un peu quand on chasse l'air avec force, et le son de l'anche très délicate d'une trompette d'enfant parcourt, lorsqu'on accroît graduellement la force du souffle, l'étendue entière d'une octave et demie sans intervalles, soit qu'on ne souffle que dans la pièce qui la renferme, soit qu'on souffle dans le tuyau entier. »

Dans toutes ces expériences, pour nous le son est dû à la sortie périodique de l'air par la fente. La nature de la substance qui constitue cette fente n'a qu'une légère influence sur le son quand les circonstances sont les mêmes ; comme s'en est assuré A. Masson, qui a formé des appareils sifflants au moyen de tuyaux de gomme élastique dont l'une des ouvertures était limitée par un simple bourrelet de la même substance.

Les expériences qui viennent d'être relatées confirment les expériences et la théorie du physicien français. Il serait, en effet, impossible d'expliquer autrement la constance des sons obtenus quand on remplace une des lames membraneuses par une lame solide; ou, lorsque les anches membraneuses libres donnent des sons très différents, on ne concevrait pas pourquoi les sons obtenus ne dépendent pas du son de l'anche et changent avec l'ouverture et la vitesse du courant d'air.

Nous répéterons que, si l'anche était la cause du son, quel que soit le moyen employé pour la mettre en vibration, elle devrait toujours donner le même son, ce qui n'a pas lieu.

Anches membraneuses avec tuyau. — J. Müller a publié beaucoup d'expériences sur les sons produits par des tuyaux munis d'anches membraneuses, expériences dont les résultats sont parfaitement d'accord avec la théorie des anches exposée plus haut et avec les notions simples qu'on possède sur les tuyaux. Nous avons dit que la longueur de la première onde, voisine de l'embouchure, ne s'accorde jamais avec la théorie : elle dépend du mode d'embouchure, de la largeur du tuyau et de la hauteur de l'harmonique, par conséquent de la pression de l'air. Mais il n'en est pas de même des longueurs des autres ondes. Si donc, dans les expériences de J. Müller, on calcule, comme dans celles de G. Weber, les longueurs d'onde de ces harmoniques, on les trouve d'accord avec les sons obtenus. Dans toutes ces expériences, il aurait fallu donner exactement les nombres de vibrations et principalement la distance des nœuds dans les harmoniques. Aussi toutes ces recherches ne peuvent-elles rien nous apprendre sur l'origine des sons dans les anches : leurs vibrations s'accommodent toujours à celles du tuyau dont elles ne peuvent en rien modifier le son.

On doit à J. Müller (1) une série de recherches sur les sons produits par des anches membraneuses munies de porte-vent dont il a varié la longueur. Dans tous ces cas, l'anche peut être considérée comme donnant naissance aux vibrations du tuyau porte-vent par la sortie périodique de l'air. Les lois établies par cet observateur sont conformes à ce qui a été vu par A. Masson, quand il plaçait la plaque au-dessus du tuyau. Si, en effet, on calcule la longueur d'un onde produisant un harmonique, on trouve qu'elle s'accorde avec la théorie : Ex. : La_5 est donné par un porte-vent de 9 pouces 10 lignes et un autre de 24 pouces 6 lignes, la distance des nœuds est de 14 pouces 8 lignes ; or la théorie donne 14 pouces 4 lignes. $Sol\,\sharp_5$ est donné par des tubes de 13 pouces et de 27 pouces 6 lignes, la distance des nœuds est de 14 pouces 6 lignes ; la théorie donne 15 pouces 4 lignes, et dans le second tableau on a :

Porte-vent sans corps de tuyau. — $Ré_4$ est donné par des tuyaux de 4 pouces 9 lignes et de 15 pouces 3 lignes ; distance des nœuds 10 pouces 8 lignes, qui est exactement le son théorique.

Corps du tuyau sans porte-vent. — $Ré_4$ est donné par des tuyaux de 3 pouces 9 lignes et de 15 pouces ; la distance des nœuds est égale à 11 pouces 3 lignes au lieu de 10 pouces 8 lignes.

Ut_4 est donné par des tuyaux de 17 pouces 6 lignes et de 5 pouces 6 lignes ; la distance des nœuds est égale à 12 pouces qui est le son théorique.

Ces calculs, que nous croyons exacts, supposent que J. Müller avait accordé son piano avec un ut_5 de 512 vibrations.

Tous ces faits, qui paraissent très compliqués au premier abord, s'expliquent facilement si l'on adopte l'opinion que nous soutenons sur l'origine des sons produits par les anches.

A. Masson a fait quelques essais sur les sons dus à une plaque placée entre deux tuyaux. D'après lui, les deux tuyaux produisant seuls des sons différents avec la plaque, on entend, quand ils sont superposés, ou les harmoniques du tuyau inférieur, ou ceux du tuyau supérieur ; quand les deux tuyaux sont parfaitement d'accord pour un son, ce dernier est très renforcé et on l'obtient seul : les deux tuyaux paraissent vibrer à l'unisson. Ces expériences, tout incomplètes qu'elles sont, don-

(1) *Ouv. cit.*, t. II, p. 158 et suiv.

nent néanmoins l'explication de celles de J. Müller. Espérons que A. Masson parviendra à résoudre complétement le problème difficile indiqué par cet auteur.

Conclusions sur la théorie des sons produits par les anches. — Pour compléter l'exposé de la théorie du physiologiste allemand sur les sons des anches, nous croyons devoir mettre sous les yeux du lecteur les conclusions suivantes, telles qu'elles ont été formulées par l'auteur lui-même :

« Ayant appris à connaître, dans ces derniers temps, des sons qui sont produits par le simple choc de liquides, comme ceux de la sirène. ou par les chocs d'un corps solide se succédant avec rapidité, comme ceux qui résultent des secousses données par les dents d'une roue, on a été tenté d'admettre que les sons des anches dépendent aussi des chocs de l'air qu'à chaque vibration elles empêchent de sortir de leur châssis. Le défaut d'éclat des sons que les anches donnent par percussion ou par pincement, sans souffle, semble justifier cette théorie. Cependant elle n'est pas prouvée, et plusieurs arguments s'élèvent contre elle d'une manière formelle. La discussion de ce point est d'une grande importance pour la théorie de la voix humaine : en effet, il s'agit ici surtout de savoir qui résonne primitivement, dans la voix, des ligaments de la glotte ou de l'air.

» G. Weber, aux recherches classiques duquel nous devons une connaissance certaine des effets qui ont lieu dans les tuyaux d'anche, se prononce positivement en faveur de l'hypothèse dont je viens de parler. Voici comment il s'exprime : « Le son plein et fort que rend une plaque métallique qui vibre isolément dans son châssis, lorsqu'on souffle dessus, ne peut être produit par la plaque vibrante ; car alors il ne serait pas nécessaire d'exciter le son de celle-ci par un courant d'air, et elle donnerait un son absolument pareil, quant à l'élévation et à la plénitude, lorsqu'elle viendrait à être mise d'une manière quelconque en vibration, sans subir aucun changement dans sa situation et ses rapports, ce qui n'est pas. » En effet, Weber a excité, au moyen d'un archet de violon, les plus violentes vibrations dans la plaque pendant qu'elle demeurait unie avec les autres parties de l'instrument, sans parvenir à lui faire rendre un son plein et fort, susceptible d'être comparé ; cependant je trouve que le son d'une guimbarde qu'on tient à la bouche est le même par l'effet de la percussion et quand on aspire l'air. Cette preuve ne me paraît pas décisive, et néanmoins il me semble que, dans les anches membraneuses, l'interruption du courant d'air ou les chocs n'exercent qu'une influence subordonnée sur la production du son, qu'ils contribuent seulement à le rendre plus fort et plus plein, mais que leur effet n'est pas de lui donner naissance. Les motifs suivants me font regarder comme invraisemblable la théorie qui attribue les sons des anches membraneuses aux pulsations de l'air :

» 1° Il n'y a aucune raison d'admettre que les sons des anches simples proviennent des interruptions du courant d'air, puisque les sons que les anches elles-mêmes doivent donner quand elles vibrent suffisent pour l'explication. A la vérité, les sons que les anches membraneuses produisent par percussion sont dépourvus d'éclat, et n'ont pas non plus le même timbre que les sons d'anche. Mais la première différence s'explique sans peine ; car un choc qui ne se répète pas plus d'une fois ne suffit point pour entretenir les vibrations. Quant à celle du timbre, on ne peut la mettre en doute ; cependant il y a d'autres instruments encore qui donnent des sons d'un timbre divers lorsqu'on les fait parler soit par une seule percussion, soit par une succession de chocs : c'est ce qui arrive, entre autres, à

une corde lorsqu'on la pince ou qu'on fait passer dessus un archet de violon. La même chose a lieu pour les sons d'anche, suivant que l'impulsion est momentanée ou soutenue. A la vérité, il y a des membranes, comme les lèvres et le sphincter de l'anus, qui ne résonnent point par la percussion, et qui donnent des sons d'anche très forts par le souffle ; mais il ne s'agit jamais, quant à ce qui regarde la manifestation d'un son, que du nombre de vibrations nécessaire pour le produire : or, l'expérience autorise seulement à conclure que, dans ces sortes de membranes, une succession régulière de vibrations n'est possible qu'autant qu'un certain état de tension persiste pendant qu'elles reçoivent le choc de l'air, et cette condition n'existe pas lorsqu'il s'agit d'une simple percussion.

» 2° Les sons que j'ai produits en soufflant avec un tube délié sur des languettes métalliques, et mieux encore sur des languettes membraneuses sans châssis, ne sauraient être expliqués par les seules interruptions du courant d'air ; ils ressemblent parfaitement, pour le timbre, à ceux que ces languettes rendent lorsqu'elles vibrent dans un cadre et agissent comme de véritables anches. A la vérité, on pourrait dire que les vibrations rétrogrades de la languette gênent aussi jusqu'à un certain point le filet d'air sortant du tube ; mais il serait difficile de voir là une interruption réelle, puisque le courant d'air change de direction à mesure que la languette recule. Le filet d'air, qui exerce une action soutenue, est bien plutôt comparable, en ceci, à l'archet de violon frottant une corde.

» 3° Il n'est pas non plus nécessaire, du moins pour les languettes membraneuses, que le châssis se ferme périodiquement pendant les vibrations de la languette. Alors même que la fente présente une largeur constante d'une ligne, les languettes membraneuses donnent souvent encore des sons clairs, et ces sons ne diffèrent pas, pour le timbre, de ceux que les mêmes languettes font entendre quand la fente est très étroite.

» 4° Si la théorie qui attribue les sons d'anche aux interruptions du courant d'air était exacte, les sons devraient croître en raison directe du nombre des interruptions, ce qui n'est nullement démontré. Il y a une position de la languette par rapport au châssis, dans laquelle elle détermine une fois autant d'interruptions du courant d'air qu'elle-même fait de vibrations : c'est celle dans laquelle elle bat à travers l'ouverture du châssis ; car, en le traversant, puis en revenant sur elle-même, elle interrompt deux fois le courant d'air ; le nombre des interruptions est au moins double de celui qui a lieu quand la languette ne fait que frapper juste dans l'ouverture du châssis et revient aussitôt sur elle-même. Le son d'une languette qui traverse son châssis devrait donc, toutes choses égales d'ailleurs, être plus aigu d'une octave que celui de la même languette exécutant des battements simples : or, cela n'a pas lieu. A la vérité, on pourrait objecter que, dans le premier cas, elle décrit des arcs entiers de vibration, tandis que dans le second elle ne décrit que des demi-arcs, étant retenue soit par le châssis lui-même, soit par le courant d'air, de manière que, dans la seconde circonstance, elle vibre avec une fois plus de vitesse que dans la première, et qu'ainsi les interruptions du courant d'air sont égales de part et d'autre. Mais, en examinant la manière dont se comportent les languettes membraneuses, on rencontre encore des difficultés. Si j'applique une lame de carton ou de bois sur une languette membraneuse tendue à l'extrémité d'un porte-vent, le son demeure le même, que la plaque soit directement en face de la languette, c'est-à-dire sur le même plan, ou qu'elle s'enfonce de dehors en dedans du côté du porte-vent ; dans les deux cas, la languette décrit également des

arcs entiers. Mais, si j'applique la lame de manière que son bord dépasse le plan de la languette, le son produit en soufflant dans le porte-vent est beaucoup plus grave ; il l'est souvent de l'intervalle compris entre *ut* et *fa*. Que la lame fasse saillie en avant ou en arrière de la languette, les arcs de vibration demeureront les mêmes, et cependant les sons seront différents. Mais la différence tient à la manière diverse dont l'air est poussé dans les deux cas, et à la résistance diverse que le courant continu de cet air oppose, dans les deux cas, aux vibrations récurrentes de la languette.

» D'après ces motifs, il est vraisemblable que les languettes résonnent, non point par des interruptions du courant d'air, mais par leurs propres vibrations, et que les chocs donnés à l'air ne font que renforcer jusqu'à un certain point le son. A cet égard, les languettes métalliques se comportent, en général, comme les verges, les languettes membraneuses comme les cordes et les peaux tendues, et le son se produit d'autant plus facilement qu'un pareil corps possède encore plus d'élasticité malgré son peu de longueur. En étudiant les vibrations des corps élastiques tendus, on s'est trop attaché à une espèce de ces corps, aux cordes à boyau et autres analogues. Il est bien vrai que les cordes qu'on raccourcit beaucoup, en même temps qu'on diminue leur tension, perdent presque toute aptitude à produire des vibrations sonores; mais si, après leur détente, elles conservaient encore de l'élasticité, quelque courtes quelles fussent, elles n'en seraient pas moins capables de donner des sons graves. Or, il y a d'autres corps qui, bien qu'étant très détendus, conservent assez d'élasticité pour pouvoir vibrer régulièrement : tels sont le caoutchouc à l'état sec, et les tissus animaux (tunique artérielle) à l'état humide : aussi des pièces très courtes de ce corps produisent-elles des sons graves quand elles sont peu tendues et des sons aigus quand elles éprouvent une tension plus forte, et cela aussi bien par la percussion que par le souffle. Leurs vibrations changent, à tension égale, d'après la même loi exactement que celles des cordes, c'est-à-dire qu'elles croissent en raison inverse de la longueur, comme je l'ai fait voir précédemment.

» Quelque exact que soit ce parallèle, cependant un corps élastique par tension qui vibre comme anche, diffère d'une corde à plusieurs points de vue essentiels. La différence ne consiste pas en ce que la corde, après avoir été percutée, demeure abandonnée à elle-même, tandis que l'anche éprouve, de la part du courant d'air, des chocs continuels, tantôt plus et tantôt moins forts, puisque la percussion de la corde se renouvelle continuellement à l'aide de l'archet. Ce qu'il y a de particulier dans une anche, c'est que le degré d'intensité du choc soutenu influe sur la durée de ses vibrations, et change beaucoup le son fondamental qu'elle donne par percussion. J'ai fait voir précédemment que pour une languette de caoutchouc qu'on fait parler sans châssis, au moyen d'un tube délié, le son fondamental s'élève d'un semi-ton et plus, lorsque le souffle devient plus fort ; mais une corde qu'on ne percute qu'une seule fois rend un son un peu plus grave quand le choc est fort que lorsqu'il est faible. Ce dernier effet s'explique en partie par le changement qu'une forte tension communique à la corde, qui devient plus longue, et qui ne revient pas tout de suite à son précédent état ; peut-être aussi dépend-il en partie d'une sorte de torsion des molécules de la corde qui reposent sur le chevalet. Mais cette explication ne saurait s'appliquer à l'élévation du son d'une anche, car le résultat est précisément inverse de ce qui a lieu dans une corde. Lorsqu'une languette membraneuse vibre dans un châssis, la force du souffle élève le son, comme je l'ai fait voir, de plusieurs semi-tons, et, ainsi que je l'ai montré aussi, le son d'une mem-

brane animale élastique humide qui peut être élevé par semi-tons d'une demi-quinte entière en soufflant avec force. Cette élévation n'est pas la suite d'une formation de nœuds de vibration, comme dans une colonne d'air vibrante ; car elle a lieu d'une manière successive en passant par les intervalles des semi-tons et, lorsqu'on accroît successivement la force du souffle, par tous les intervalles des semi-tons d'une manière criarde : elle ne dépend donc pas de la languette immédiatement, mais du corps choquant, de l'air. Probablement l'élévation résulte de ce que, quand on souffle avec plus de force, l'air, qui agit sans interruption, communique à la languette un mouvement plus accéléré, jusqu'à ce qu'elle sorte du courant, tandis qu'au retour il la repousse plus tôt que ne le ferait un souffle moins fort, de sorte que la languette ne fait pas d'excursions rétrogrades pleines, étant chassée de nouveau avant de les avoir accomplies.

» Les languettes métalliques semblent bien se comporter à l'inverse des languettes membraneuses, puisqu'elles donnent un son plus élevé quand on souffle doucement que lorsqu'on souffle fort. Cependant ce phénomène paraît tenir uniquement à ce que, quand le souffle est faible, la languette n'entre point en vibration dans toute sa longueur, jusqu'à son attache. En effet, lorsque je souffle très fort dans un harmonica à bouche, le son finit par s'élever d'une manière très sensible, de sorte que, à cet égard aussi, il y a concordance entre les deux sortes de languettes.

» Il appartient donc à la nature des anches que, bien qu'elles se comportent, en général, comme les verges et les cordes, elles changent cependant leurs sons en proportion de l'action du corps qui les fait parler, de l'air. D'après cela, il faut les regarder comme une classe particulière d'instruments, à l'égard desquels les propriétés des corps élastiques, tant solides que liquides, doivent être prises simultanément en considération. »

De tout ce qui précède, il résulte que, d'après J. Müller, les languettes résonnent, non par l'interruption du courant d'air, mais par leurs propres vibrations, et que les chocs imprimés à l'air ne font, jusqu'à un certain point, que renforcer le son. Ainsi, dans les instruments à anche, l'origine des sons devrait être attribuée à la languette qui vibre à la manière des lames ou des cordes ébranlées mécaniquement par le courant d'air, les tuyaux n'étant que des appareils de renforcement.

Nous n'avons rien trouvé dans les expériences de cet auteur et des autres physiciens qui légitimât l'adoption de cette théorie, et conséquemment le rejet de celle qui était admise jusqu'à présent par G. Weber lui-même.

Les raisons et les objections invoquées par le professeur de Berlin, pour repousser cette dernière, ne nous paraissent pas concluantes. En effet, page 163, *ouv. cit.*, nous lisons : « Il n'y a aucune raison d'admettre que les sons des anches simples proviennent des interruptions du courant d'air, puisque les sons, que les anches elles-mêmes *doivent* donner quand elles vibrent, suffisent pour l'explication des premiers. » En admettant que les anches produisent des sons assez intenses par leurs vibrations propres, il ne s'ensuit pas que, dans ce cas, le son soit plutôt une cause qu'un effet secondaire. Mais les anches ne produisent presque pas de son, et c'est J. Müller lui-même qui le dit : « A la vérité, les sons que les anches membraneuses produisent par percussion sont dépourvus d'éclat et n'ont pas non plus le même timbre que les sons d'anche. »

Quant aux autres objections et observations du même auteur, elles ont déjà été

discutées précédemment ; nous ajouterons seulement, comme étant opposées à sa manière de voir, les remarques suivantes :

1° Quel que soit le mode mécanique qu'on emploie pour faire vibrer des anches, si elles sont métalliques elles ne donnent jamais qu'un son très faible ; quand elles sont membraneuses, parfois elles n'en produisent aucun.

2° Comment comprendre les profondes altérations apportées dans le son des anches par les éléments déjà cités, tels que la largeur des orifices et des tuyaux, la force du courant d'air, etc. ?

En admettant, au contraire, que les sons des anches sont toujours dus à des pulsations produites à l'orifice sur l'air extérieur par l'écoulement du gaz, nous faisons de profonds changements à la théorie ancienne, citée et attaquée par le physiologiste allemand. Nous avons montré, en effet, que dans cette théorie où les vibrations de l'anche règlent seules la périodicité de l'écoulement, il était impossible d'expliquer les changements qui surviennent dans les sons d'anche par diverses causes, en invoquant la réaction de l'anche et des colonnes d'air des tuyaux. Nous avons établi, à l'aide de plusieurs faits, que ces changements pouvaient s'observer dans des anches libres. Aussi des expériences de F. Savart et de A. Masson nous concluons, contrairement à la théorie précédente, que :

1° Dans tous les *instruments à vent* le son est originairement produit à l'embouchure par l'écoulement périodiquement variable du fluide, qui devient le siége d'un mouvement vibratoire communiqué soit à l'air du tuyau, soit à l'air extérieur ; de telle sorte que les sons produits sont comparables, quant à leur cause et à leur nature, à ceux qu'on obtient au moyen de la sirène ;

2° Dans les tuyaux à anche, les vibrations des languettes sont consécutives aux sons de l'air, elles s'ajoutent à ceux-ci et en modifient le timbre et l'intensité.

3° *Clef forée, flûte de pan.* — Dans ces appareils, le son est engendré de la même manière que dans les tuyaux d'orgue à biseau.

4° *Flûte.* — Cet instrument se compose d'un tuyau fermé à un bout, de bois, d'ivoire ou de cristal, ou, comme dans la flûte arabe, d'un tuyau de roseau ouvert aux deux extrémités. Ces instruments sont percés de trous latéraux destinés à changer la colonne d'air mise en vibration. Près de l'extrémité fermée, dans les flûtes ordinaires, existe une ouverture latérale appelée *embouchure*, et dont les bords sont taillés en biseau. Dans la flûte arabe, l'une des extrémités ouverte du tuyau est taillée de la même manière.

En soufflant obliquement contre les embouchures une lame d'air, celle-ci se divise et met en vibration la colonne d'air du tuyau, ainsi que nous l'avons déjà expliqué.

5° *Cor, trompette.* — Ces instruments sont composés d'une colonne d'air très longue et conique, terminée par un évasement nommé *pavillon.* On peut les construire avec une substance quelconque, même un corps non métallique, bois, carton, etc. Le tube étant très mince, il entre en vibration sous l'influence de la colonne d'air, et la qualité du son et le timbre varient beaucoup avec la nature de la matière employée. La colonne d'air vibre, dans ces instruments, d'après les lois qui régissent les tuyaux ouverts. Cependant, en fermant partiellement le pavillon avec la main, on produit des sons autres que ceux qui sont représentés par la série des nombres impairs.

La série des sons qu'on peut obtenir, sans être obligé d'introduire la main dans le pavillon, correspond aux nombres suivants :

ut_1,	sol_1,	ut_2,	mi_2,	sol_2,	ut_3,	$ré_3$,	mi_3,	sol_3,	si_3,	ut_4,
1	$\frac{3}{2}$	2	$\frac{5}{2}$	3	4	$\frac{9}{2}$	5	6	$\frac{15}{2}$	8

A l'aide de la main on obtient :

ut$_1$, *la*, *sol*$_1$, *si*$_1$, *ut*$_3$, *ré*$_2$, *mi*$_3$, *fa*$_2$, *sol*$_2$, *la*$_2$, *si*$_2$, *ut*$_3$, *ré*^{3}, *mi*$_3$, *fa*$_3$, *sol*^{3}, *la*$_3$, *si*$_3$, *ut*$_4$.

Il est facile, avec de l'habitude et par un emploi convenable de la main, de produire des demi-tons.

6° *Trombone.* — Dans cet instrument, on allonge la colonne jusqu'à ce qu'elle donne le son cherché. Dans les trompettes à clefs, on modifie au moyen des ouvertures la longueur de la colonne vibrante.

Dans tous ces instruments, le son produit d'abord à l'embouchure est renforcé ensuite par la colonne d'air. Dans le cor, l'embouchure est conique. Elle est formée d'une demi-sphère, variable en dimension pour les trompettes et les instruments analogues. Les dimensions de l'embouchure sont d'autant plus grandes que l'instrument doit donner des sons plus graves.

On a supposé, jusqu'à présent, que dans tous ces instruments le son résultait des lèvres vibrant comme des anches membraneuses. Cette supposition ne nous paraît pas fondée, car les embouchures, par leur construction même, s'opposent aux vibrations des lèvres; et tout le monde sait que, quand celles-ci vibrent énergiquement, le son est tremblotant et d'un mauvais effet. D'ailleurs, comment admettre qu'une substance membraneuse, et aussi épaisse que les lèvres, puisse vibrer à la manière d'une lame mince ? On comprend difficilement qu'un orifice, formé d'un contour membraneux et épais, puisse donner des sons par les vibrations de la matière qui limite la sortie de l'air.

Très probablement, le son est produit dans les cors par la sortie périodique de l'air; la grandeur de l'ouverture et la pression de ce fluide déterminent seules la hauteur du son, qui est d'autant plus pur que les lèvres sont plus tendues pour une même grandeur d'orifice. Les lèvres, placées dans un milieu en vibration, obéissent nécessairement à ce mouvement vibratoire, mais elles ne sont en aucune façon la cause première de ces oscillations de l'air, et leurs vibrations ne sont qu'un effet secondaire.

7° *Clarinette, hautbois, basson.* — Ces instruments, de métal ou de bois, sont formés d'un tube terminé par un pavillon; ils portent des ouvertures destinées à faire varier la longueur de la colonne d'air. Le son est originairement produit dans un appareil appelé *embouchure*, qui, dans la clarinette, est formée par une lame placée sur une gouttière. Dans le hautbois et le basson, l'embouchure est construite avec deux lames de roseau appuyées l'une contre l'autre de manière à laisser une extrémité ouverte, à forme elliptique, dont les axes varient de longueur avec la gravité ou l'acuité de l'instrument.

Il est difficile de regarder comme exacte la théorie qu'on donne de ces appareils. On suppose que le son résulte des vibrations des lames qui forment l'embouchure. On n'a pas fait attention que la pression des lèvres et le contact des lames s'opposent essentiellement aux vibrations de ces dernières, qu'on ne peut

empêcher qu'en partie, ce qui donne au son un timbre particulier. La flexibilité des lames a pour but de permettre au joueur de modifier la grandeur de l'ouverture en même temps que la pression de l'air, ce qui rend l'usage de ces instruments très difficile. Ce n'est qu'avec une grande habitude qu'on peut arriver à modérer la grandeur des ouvertures et l'élasticité de l'air de manière à posséder ces instruments comme on possède la faculté de modifier ces mêmes éléments dans l'action de siffler.

Si les lames ne sont pas serrées et peuvent vibrer dans toute leur étendue, on produit très souvent des sons aigus, ce qui ne s'accorde guère avec les idées généralement admises sur ces instruments. Il est bien certain que, dans le hautbois le son est dû à l'écoulement périodique de l'air par un orifice de grandeur variable, et qu'il est renforcé par la colonne d'air. Les vibrations de l'instrument, et surtout des anches, modifient le timbre des sons; mais les anches ne vibrent que secondairement sous l'influence du mouvement de l'air.

8° *Appeau des oiseleurs.* — Cet instrument, auquel Savart assimile l'organe vocal de l'homme, mérite toute notre attention : aussi ses propriétés et sa construction seront-elles exposées avec quelques détails, que nous emprunterons, en partie, au célèbre physicien.

Il est ordinairement d'ivoire, mais souvent de bois ou de métal. Sa forme est très variable : tantôt c'est un petit tuyau cylindrique de huit à neuf lignes de diamètre et de quatre lignes de hauteur, fermé à chacune de ses bases par une lame mince et plane, percée à son centre d'un trou d'environ deux lignes de diamètre; tantôt c'est un petit vase hémisphérique qui présente également deux orifices opposés.

Les chasseurs placent cet instrument entre les dents et les lèvres, et en aspirant ou soufflant l'air avec plus ou moins de force à travers les deux orifices, ils parviennent à obtenir différents sons.

On peut arriver plus sûrement à ce résultat en armant ce petit appareil d'un porte-vent cylindrique. On remarque qu'il peut alors donner tous les sons compris dans une étendue d'une octave et demie à deux octaves en parcourant, en général, l'intervalle de ut_4 à ut_6. Mais quand on sait bien se rendre maître de la vitesse du courant d'air, il est possible d'en obtenir des sons encore plus graves, de sorte qu'il semble qu'il n'y ait d'autre limite à cet abaissement que celle qui résulte de la difficulté qu'on éprouve à bien ménager le vent. Il ne paraît pas non plus qu'il y ait une limite pour les sons aigus : plus la vitesse du courant d'air est grande, plus l'acuité augmente.

Tous les sons produits par cet instrument ne présentent pas la même qualité; les plus graves sont sourds et faibles, les plus aigus sont si perçants qu'on a de la peine à les supporter. Mais ceux qui occupent l'intervalle compris entre ces deux extrêmes sont remarquables par leur intensité, leur pureté et leur éclat, surtout quand l'instrument est fait avec soin. Ils ont tous une analogie très marquée avec ceux qu'on peut faire rendre à une embouchure isolée de son tuyau. Le timbre est le même, et, de part et d'autre, il y a possibilité de parcourir distinctement un intervalle d'une octave et demie à deux octaves par les seules variations de la vitesse du courant d'air; de sorte qu'on pourrait soupçonner que la production des sons, dans ces deux cas, dépend de causes analogues.

On peut augmenter à volonté le volume de ce petit instrument, même du double

et du quadruple, ou bien le diminuer et en varier la forme de mille manières sans que les résultats cessent d'être analogues à ceux que nous venons d'indiquer : seulement il sera d'autant plus facile d'obtenir des sons graves que les dimensions seront plus considérables. Mais, un de ces instruments étant donné, il y aura toujours un son qui sortira plus facilement que tous les autres; et si l'on fait varier quelqu'une des dimensions, ce sera un autre son qui jouira de la prérogative d'être le plus intense de tous; de sorte que si l'on pouvait faire un pareil instrument tel que l'étendue pût varier et s'approprier à la disposition la plus convenable pour chaque son, tous les sons produits auraient une intensité constante. Toutes choses égales d'ailleurs, le diamètre seul des orifices a une influence très appréciable sur l'acuité ou la gravité des sons. Ils sont, en général, plus graves quand les orifices sont plus larges.

Quant à la production même des sons, dans ce cas, il semble qu'elle soit due à ce que le courant d'air qui traverse les deux orifices, entraînant avec lui la petite masse du fluide contenue dans la cavité, en diminue la force élastique et la rend par conséquent incapable de faire équilibre à la pression de l'atmosphère, qui, en réagissant sur elle, la refoule et la comprime jusqu'à ce que, par son propre ressort et sous l'influence du courant qui continue toujours, elle subisse une nouvelle raréfaction suivie d'une seconde condensation et ainsi de suite. On conçoit que ces alternatives d'état étant assez rapprochées, elles doivent donner naissance à des ondes qui se répandent dans l'air extérieur et qui deviennent susceptibles de procurer la sensation d'un son déterminé. Cependant il faut noter que la nature même des parois qui composent l'instrument paraît aussi exercer une influence sur le nombre des oscillations et sur la qualité des sons qui en résultent. On observe que si ces parois sont peu épaisses, elles vibrent avec beaucoup d'énergie, que les sons ont quelque chose d'aigre et de glapissant; et si, dans un de ces instruments, ayant une forme hémisphérique, on remplace la lame plane par une feuille mince de quelque substance extensible, comme du parchemin, les sons sortent plus facilement et sont en général plus graves, beaucoup plus pleins et plus agréables que quand cette paroi est formée d'une substance solide (1).

A. Masson a constaté qu'en plaçant, à l'extrémité d'un tuyau cylindrique de 2 à 3 centimètres de longueur, un orifice circulaire d'un diamètre convenablement choisi, on pouvait, quelle que fût la nature des parois du tube et des bords de l'ouverture, obtenir un son très pur, dont la hauteur variait avec les dimensions de la colonne d'air. Il est très difficile d'avoir, dans de très petits tuyaux, des harmoniques qui exigeraient une trop forte pression, et les sons fondamentaux d'un même appareil restent constants entre des limites de densité de l'air assez étendues. Savart a reconnu que, parmi les sons qu'un appeau peut rendre, il y en a un qui sort plus facilement que tout autre, et qui est beaucoup plus pur; ce son, qu'on peut appeler le *son fondamental* de l'appeau, est celui que rend cet instrument, considéré comme tuyau, et mis en vibration au moyen d'un tube aplati, par lequel on souffle contre le bord de l'appareil.

Lorsqu'on place un appeau dans la bouche ou qu'on ajoute divers tuyaux, on peut obtenir des séries de sons très variées, mais qui n'ont pas la pureté du son fondamental, excepté quand la colonne d'air ajoutée peut vibrer à l'unisson du son fondamental de l'appeau, ou produire un de ses harmoniques.

(1) SAVART, *Ann. de phys. et de chimie*, 2e série, t. XXX, p. 69 et suiv.

Masson pense, en s'appuyant sur ses propres expériences, que le son est produit à l'un ou à l'autre des orifices de l'instrument en question, et que le phénomène de la production du son est le même que dans les tuyaux placés sur une plaque munie à son centre d'un orifice circulaire. L'air éprouve, en passant dans les ouvertures, des variations périodiques dans sa densité et son écoulement, et ces changements de pression déterminent, dans la masse d'air, des vibrations synchrones. L'appeau vibre donc comme un simple tuyau en partie fermé. Il n'y a pas seulement analogie, comme le pensait Savart, mais il y a identité complète entre le son produit dans cet instrument et celui qu'on obtient dans les tuyaux d'orgues à biseau ou même à anches. Les pulsations périodiques de l'air aux orifices donnent naissance à des ondes qui se propagent dans l'air extérieur.

Quand l'appeau est placé dans la bouche ou qu'il est muni de tuyaux, les vibrations qui ont lieu aux orifices augmentent ou diminuent avec la vitesse du courant d'air, et peuvent être à l'unisson ou dans des rapports simples avec celles que les masses d'air ajoutées sont capables de rendre ; dans ce cas, ces dernières renforcent le son excité par l'air traversant les orifices. C'est ainsi qu'on doit expliquer les divers sons d'un même appeau, indépendamment du son fondamental, qui est toujours le plus intense et le plus pur. On conçoit même qu'un appeau isolé produise plusieurs harmoniques, comme un tuyau. Nous insisterons sur ce fait que, pour de très petites masses d'air et des ouvertures convenables, on n'obtient qu'un seul son très pur, qui est le son fondamental ; il sort plus facilement que les autres, qui exigent d'assez grandes variations, en plus ou en moins, dans la vitesse du courant qui donne le son principal. Malgré les travaux de Savart et de Masson, on doit désirer que de nouvelles recherches soient tentées pour découvrir la théorie de l'appeau, qui a joué, dans ces derniers temps, un rôle si important dans l'étude de la voix.

A cette longue série d'instruments nous en ajouterons un, beaucoup plus modeste, beaucoup plus connu, qui n'a jamais été indiqué par les physiologistes, quoique, à notre avis, il présente avec l'organe vocal de certains animaux plus d'analogie que tous les autres.

Il n'est personne qui, enfant, n'ait confectionné des instruments sonores avec les tiges creuses de certaines plantes, d'oignon par exemple. Il suffit, pour avoir de très beaux sons avec ces tuyaux membraneux, de les serrer entre les lèvres, tout près de l'une de leurs extrémités, de manière à former une ouverture étroite longitudinale, et variable avec la hauteur du son qu'on doit produire pour mettre la colonne d'air en vibration. L'élasticité des lèvres permet facilement d'atteindre le but.

Il nous semble difficile de rapporter aux instruments à anches, même à anches membraneuses, l'instrument précité : on ne peut pas admettre ici que les parois serrées par les lèvres, vibrent comme lames et produisent des sons par elles-mêmes. Les expériences de Masson, sur l'écoulement des gaz, peuvent seules conduire à une explication satisfaisante de la production des sons dans ces tiges végétales, où les vibrations résultent de l'écoulement de l'air à travers une fente ou un orifice très étroit.

Conclusion générale.

En résumé nous sommes arrivés, par des expériences et des raisonnements qui nous ont paru devoir convaincre nos lecteurs, à ce résultat que, *dans tous les instruments à vent, le son produit doit être attribué à une cause unique, l'écoulement périodiquement variable de l'air à travers des orifices différant par leurs dimensions, leurs formes et leur nature.*

Ce gaz éprouve à sa sortie même un mouvement oscillatoire, et résonne en exerçant son action sur la masse d'air des instruments, qui deviennent seulement des appareils de renforcement. Les vibrations ou chocs périodiques, que la résonnance de l'air communique aux diverses parties solides des tuyaux, modifient le timbre des instruments, mais ne sauraient jamais être la *cause première* et réelle des sons de la colonne.

APPAREIL VOCAL ET VOIX DE L'HOMME ET DES MAMMIFÈRES.

Dans l'homme et les mammifères, l'appareil vocal comprend : les *poumons* qui, aidés d'un système de muscles particuliers, fournissent et chassent l'air, élément générateur du son ; le *larynx*, qui est l'organe exclusif de la production du son vocal ; enfin, le *pharynx*, la *bouche* et les *fosses nasales* qui, situés au delà du larynx, forment le tuyau par lequel le son s'écoule. Nous n'avons à nous occuper, pour l'instant, que de l'organe essentiel de la voix, c'est-à-dire du larynx.

I. Dans le *larynx* de l'homme, espèce de boîte cartilagineuse qui fait saillie à la partie antérieure du cou et qu'à l'état normal l'air traverse pour sortir des poumons, on compte, comme *cartilages* principaux : le thyroïde, le cricoïde, les deux aryténoïdes et l'épiglotte. Il faut y ajouter les *tubercules de Santorini* et les *cartilages de Wrisberg*. Ces derniers ne se rencontrent pas constamment ; lorsqu'ils existent, on les trouve cachés dans l'épaisseur des replis aryténo-épiglottiques.

Ces diverses pièces solides sont unies entre elles par des ligaments étendus des unes aux autres. Dans certains points, elles présentent des surfaces articulaires qui sont mutuellement en rapport et qui permettent aux cartilages d'exécuter des mouvements variés, mais parfaitement déterminés. Les articulations des petites cornes du cartilage thyroïde avec le cartilage cricoïde sont des arthrodies ; les articulations des cartilages aryténoïdes avec le cartilage cricoïde appartiennent aux articulations par emboîtement réciproque.

Des *muscles*, extrinsèques et intrinsèques, sont annexés à cet appareil cartilagineux. Les premiers sont tous ceux qui, immédiatement ou médiatement, élèvent ou abaissent le larynx. Les seconds sont au nombre de neuf : quatre muscles pairs et un muscle impair.

Je rappellerai ici succinctement les résultats que j'ai obtenus autrefois en étudiant l'action de ces derniers muscles (1). Le mode d'expérimentation que j'ai mis en usage a consisté à couper isolément, *sur des chiens*, etc., les petits filets nerveux qui animent ces muscles, ou à galvaniser isolément, de suite, après la mort, et selon certaines

(1) *Rech. expérim. sur les fonct. des nerfs et des muscles du larynx, et sur l'influence du nerf accessoire de Willis dans la phonation.* Mém. inséré dans la *Gaz. méd.*, Paris, 1841.

règles, tel rameau nerveux qui anime tel muscle laryngé; puis, le larynx étant abandonné à lui-même, à observer l'effet physiologique que ce muscle produit lors de sa contraction propre.

a. C'est ainsi qu'après avoir coupé les ramuscules nerveux qui vont se distribuer aux muscles *crico-thyroïdiens*, j'ai pu constater une raucité de la voix très prononcée, due au défaut de tension des cordes vocales, plus spécialement des supérieures, raucité que je faisais disparaître à volonté en rapprochant, à l'aide d'une pince, le cricoïde du thyroïde, et en remplaçant ainsi l'action des muscles crico-thyroïdiens. Ces derniers sont donc essentiellement des *tenseurs* des cordes vocales et conséquemment des constricteurs de la glotte.

b. Sur des larynx de bœufs, de chevaux ou de chiens récemment tués, les filets du laryngé inférieur qui vont au muscle *aryténoïdien* ont été mis à découvert, puis unis et croisés sur la ligne médiane, de manière à faire passer un courant électrique dans les filets de chaque côté : aussitôt la glotte s'est rétrécie, et les cartilages aryténoïdes se sont rapprochés avec force. Le muscle *aryténoïdien* est bien un constricteur de la glotte, et plus spécialement de la *glotte inter-aryténoïdienne*.

c. Après avoir coupé les rameaux nerveux que les récurrents envoient aux muscles aryténoïdien, crico-aryténoïdiens postérieurs et thyro-aryténoïdiens, de manière à laisser intacts les seuls filets des muscles *crico-aryténoïdiens latéraux*, j'ai croisé les deux récurrents et les ai mis en contact avec les extrémités des réophores. Alors les sommets des apophyses antérieures des aryténoïdes, de chaque côté, se sont aussitôt rapprochés, de manière que la glotte inter-aryténoïdienne demeurant ouverte en arrière, la glotte inter-ligamenteuse s'est fermée dans toute son étendue par l'accolement des cordes vocales inférieures. Les muscles crico-aryténoïdiens latéraux sont donc des constricteurs de la glotte, et, suivant moi, spécialement *de la glotte inter-ligamenteuse ou vocale*.

d. Pour déterminer l'action des muscles *crico-aryténoïdiens postérieurs* (action qui, d'ailleurs, n'est pas controversée comme celle des deux muscles précédents), j'ai galvanisé les troncs des récurrents, après n'avoir conservé que les filets fournis par ces nerfs aux muscles indiqués. Aussitôt les aryténoïdes ont exécuté un mouvement en vertu duquel les sommets des apophyses antérieures de leur base se sont portés en dehors, les cordes vocales étant un peu tendues, mais surtout écartées de l'axe. Les crico-aryténoïdiens postérieurs sont donc des tenseurs et surtout des *dilatateurs* de la glotte dans toute son étendue.

Ainsi, tandis que, d'après nos observations, il y a un constricteur (m. aryténoïdien) plus spécialement réservé à la *glotte inter-aryténoïdienne*, et des constricteurs (m. crico-aryténoïdiens latéraux), plus particulièrement destinés à rétrécir la *glotte inter-ligamenteuse*, il existe une seule paire de muscles (m. crico-aryténoïdiens postérieurs) qui dilate nécessairement à la fois les deux divisions de la glotte et de la sorte joue un rôle des plus importants dans l'inspiration.

e. Enfin, en appliquant le galvanisme aux filets nerveux qui vont aux muscles *thyro-aryténoïdiens*, on constate que ces muscles, en se contractant, donnent plus de rigidité aux cordes vocales inférieures et les rendent plus vibrantes.

Après avoir étudié l'action de l'appareil musculaire propre au larynx, il nous reste à déterminer l'action du système nerveux sur cet organe.

1° *Nerfs laryngés supérieurs*. — Une conséquence intéressante des expériences

variées auxquelles j'ai soumis les nerfs laryngés supérieurs, c'est que, des deux rameaux propres à l'un ou à l'autre, l'*externe seul*, par les filets qu'il envoie aux muscles crico-thyroïdiens, *a de l'influence sur la phonation.* En effet, j'ai pu diviser, sur des chiens, les ramuscules nerveux qui animent exclusivement ces muscles, et aussitôt, comme je l'ai dit plus haut, est survenue une raucité singulière de la voix, due au relâchement subit des cordes vocales, raucité que d'ailleurs je faisais disparaître à volonté, en rapprochant, à l'aide d'une pince, le cricoïde du thyroïde, et en remplaçant de la sorte l'action des muscles crico-thyroïdiens sur les replis vocaux. Au contraire, jamais il ne m'a été possible de constater la moindre modification de la voix, après la section isolée des *rameaux laryngés internes*, pratiquée au-dessus du cartilage thyroïde, et vers le lieu où ils traversent la membrane thyro-hyoïdienne pour pénétrer dans l'intérieur du larynx.

Ce dernier résultat négatif trouve une nouvelle confirmation dans l'expérience suivante : J'ai galvanisé, sur un grand nombre d'animaux (lapins, chiens, chevaux, bœufs), les rameaux laryngés internes, sans susciter la plus légère convulsion dans le muscle aryténoïdien ou ailleurs; autre preuve que ces rameaux, selon moi, exclusivement sensitifs, n'ont pas pour mission de faire contracter ce muscle (1), et que, par conséquent, on ne saurait admettre, comme on l'a avancé, que la gravité de la voix, succédant à la section des nerfs laryngés supérieurs, dépende de la paralysie du muscle aryténoïdien (2). Mes expériences démontrent, de la manière la plus directe, qu'elle résulte de la paralysie des seuls muscles crico-thyroïdiens.

2° *Nerfs laryngés inférieurs ou récurrents.* — Chez les animaux, une altération profonde de la voix ou sa perte absolue, ainsi qu'un trouble plus ou moins notable de la respiration, ne manquent jamais de survenir après la section des récurrents : la lésion de ces nerfs, chez l'homme, s'accompagne de symptômes analogues (3).

Contrairement à Galien (4) et à d'autres expérimentateurs, qui notèrent l'*aphonie complète* comme résultat persistant de la lésion des deux nerfs précédents, Haller (5) admet qu'à cause de l'influence qu'exercent encore les nerfs laryngés supérieurs, les animaux peuvent n'être pas aphones, et J. Müller (6) partage la même opinion.

Sédillot (7), ayant excisé les récurrents sur quatre chiens, annonce « qu'un de ces chiens aboya distinctement, qu'un autre fit entendre quelques cris aigus et glapissants, et que les deux derniers *restèrent muets.* » Magendie (8) a entendu *plusieurs* animaux, privés de ces nerfs, pousser des cris assez aigus dans des instants où ils éprouvaient une violente douleur. Suivant lui, « ce phénomène s'entend aisément par la distribution des nerfs du larynx ; le *muscle aryténoïdien, qui reçoit ses nerfs du laryngé supérieur*, se contracte ; et dans le moment d'une expiration rapide, il applique fortement l'un contre l'autre les cartilages aryténoïdes ; la glotte

(1) C'est à tort que Magendie (*Précis élém. de physiol.*, t. I, p. 288) avance une assertion contraire.

(2) MAGENDIE, *ouv. cit.*, t. I, p. 302.

(3) Voir les faits pathologiques relatés dans le t. II, p. 363 et suiv. de mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerveux.*

(4) *De locis affectis*, lib. I, cap. VI, p. 48, t. VIII. Edit. græc.-lat. de Kühn.

(5) *Elementa physiologiæ*, t. III, p. 409.

(6) *Physiol. du syst. nerv.* Trad. de Jourdan, t. I, p. 322.

(7) *Thèse inaug.*, n° 274, 1829.

(8) *Précis élém. de physiol.*, t. I, p. 294.

se trouve assez étroite pour que l'air puisse faire entrer en vibration les muscles thyro-aryténoïdiens, bien qu'ils ne soient point contractés. »

Avant de vouloir juger, par voie d'expérimentation, la valeur de cette dernière théorie, sachons préalablement s'il est exact d'avancer que les animaux privés des nerfs laryngés inférieurs puissent encore faire entendre des cris aigus.

Je répondrai négativement pour certains cas, et affirmativement pour d'autres. En effet, j'ai conservé, pendant quatre et cinq semaines, des chiens auxquels les deux récurrents étaient excisés, sans que leur voix se soit jamais rétablie : aucun cri aigu n'était possible, et, quand ces animaux poussaient une violente expiration, comme pour crier, ils faisaient entendre seulement une sorte de ronflement laryngien, en tout semblable à celui qu'on obtient avec un soufflet, duquel on expulse l'air avec force à travers un larynx dont la glotte est un peu large. Or, les chiens, sur lesquels je faisais ces dernières observations, étaient *adultes ;* tandis que ceux qui, quoique privés de leurs récurrents, ont pu encore pousser des cris aigus, étaient tous âgés seulement de quelques mois (1). Si Legallois a reconnu que les effets de la section de ces nerfs sur les mouvements respiratoires du larynx sont singulièrement modifiés par l'âge de l'animal, aucun physiologiste, que je sache, n'avait soupçonné qu'il en fût de même pour la phonation : plus loin, je ferai connaître une configuration de la glotte, particulière aux jeunes animaux, qui doit singulièrement les aider à produire des sons aigus dans la circonstance indiquée.

On ne peut admettre l'explication proposée plus haut par Magendie, qui, sans rechercher comment la voix est conservée dans certains cas et abolie dans d'autres, après la paralysie des récurrents, rapporte un effet inconstant, de son aveu même, à une cause constante, c'est-à-dire à la persistance d'action du *muscle aryténoïdien, qui détermine entre les aryténoïdes un rapprochement nécessaire à la formation des sons aigus.* En effet, d'une part, le muscle aryténoïdien ne saurait agir sur ces cartilages, comme on le suppose, puisqu'il est paralysé par la section même des récurrents ; et, d'autre part, les crico-thyroïdiens, animés encore par le laryngé supérieur (rameau externe), peuvent très bien, quoique seuls, en tendant les replis vocaux, entretenir, *si l'animal est jeune*, la glotte dans les conditions nécessaires à la production des sons aigus. Ce fait est d'ailleurs confirmé par la paralysie de ces muscles, que je détermine à l'aide de la section de leurs filets nerveux : celle-ci étant pratiquée, l'animal ne peut plus proférer ses premiers cris, qui, au contraire, continuent après que les laryngés internes sont coupés. C'est donc seulement aux muscles crico-thyroïdiens qu'appartient, dans ces cas, le rôle attribué à tort au muscle aryténoïdien.

Quant à la configuration de la glotte, favorable, chez les jeunes animaux, à la production des sons aigus après l'excision des récurrents, il faut d'abord savoir, comme d'ailleurs je l'ai déjà dit, que cette ouverture présente : 1° une partie antérieure ou *inter-ligamenteuse*, bordée par les cordes vocales inférieures ; 2° une partie postérieure ou *inter-cartilagineuse* limitée latéralement par les apophyses antérieures des cartilages aryténoïdes. Or, j'ai reconnu que, suivant l'âge, les dimensions relatives de ces deux portions varient beaucoup ; qu'ainsi, à une époque assez rapprochée de la naissance, la seconde est infiniment petite relativement à la première, ce qui tient à l'absence presque complète des apophyses antérieures des cartilages aryténoïdes. Aussi, chez les animaux encore assez jeunes, les cordes

(1) J'ai répété ces expériences sur des lapins avec les mêmes résultats.

vocales, par le fait même de leur tension, se rapprochent-elles avec facilité pour permettre des sons aigus ; tandis que l'obstacle, qui empêche ceux-ci chez les animaux plus âgés, réside évidemment dans l'ampleur de leur glotte inter-cartilagineuse, dont les dimensions ne sauraient d'ailleurs être suffisamment rétrécies à cause de la paralysie incontestable du muscle aryténoïdien.

Afin de démontrer la réalité de l'obstacle indiqué, poussez de l'air dans le larynx d'un animal mort, mais adulte, et il vous sera impossible, malgré la tension des replis vocaux, d'obtenir des sons aigus, si d'abord, pour diminuer la glotte inter-cartilagineuse, vous ne rapprochez les aryténoïdes : au contraire, chez les jeunes animaux, cette dernière précaution est inutile quand les cordes vocales sont tendues ; et, par conséquent, l'action des crico-thyroïdiens (*tenseurs de ces cordes*), sans le concours de l'aryténoïdien (*constricteur de la glotte inter-cartilagineuse*), toujours paralysé après la section des récurrents, suffit à la production des sons aigus (1).

La glotte inter-ligamenteuse ou vocale proprement dite, est, comme chacun le sait, limitée par les cordes vocales inférieures seulement ; les supérieures n'en font nullement partie. C'est entre la corde vocale supérieure et la corde vocale inférieure, d'un côté, qu'existe le ventricule correspondant du larynx.

Les cordes vocales inférieures sont élastiques ; de là leur aptitude à vibrer. Cette propriété est due à la présence d'un tissu élastique particulier qui entre dans leur composition. Ce tissu élastique est jaune ; d'après Schwann et Lauth, il est formé de fibres qui se divisent et s'anastomosent. Eulenberg (2) a reconnu qu'il ne fournissait qu'une petite quantité de colle, et seulement après une coction prolongée pendant plusieurs jours.

On trouve également du tissu élastique dans le ligament hyo-thyroïdien et dans le crico-thyroïdien moyen.

D'après les recherches de Lauth (3) le tissu élastique est abondamment répandu dans le larynx. Il y forme une couche qui prend son origine au niveau de la moitié inférieure de l'angle du cartilage thyroïde, entre les insertions des muscles thyro-aryténoïdiens. De ce point, les fibres se portent en divergeant de haut en bas et d'avant en arrière, pour venir se fixer à tout le bord supérieur du cartilage cricoïde, excepté dans le point où s'articulent les cartilages aryténoïdes. Les ligaments supérieurs et inférieurs de la glotte sont unis également par une couche mince de tissu élastique, qui revêt le ventricule de Morgagni. Enfin ce même tissu se rencontre dans le ligament hyo-thyroïdien latéral, dans les ligaments thyro-épiglottique, hyo-épiglottique et glosso-épiglottique.

Il y a des différences bien tranchées, sous le point de vue du degré de développement entre le larynx de l'homme et celui de la femme ; le premier l'emporte environ des deux tiers sur le second par le volume. Le cartilage thyroïde de la femme a, relativement, les cornes inférieures plus grandes et les supérieures plus pe-

(1) Les expériences multipliées que j'ai faites sur le *nerf spinal* ou accessoire de Willis concourent toutes à établir, comme celles de Bischoff, que ce nerf mérite seul le nom de *nerf vocal*, et qu'il préside à la phonation spécialement par sa portion bulbaire (*branche interne*).

(2) *De tela elastica*. Berlin, 1836.

(3) *Mém. de l'Acad. royale de méd.* Paris, 1837, t. IV, p. 95.

tites (1). L'échancrure du bord supérieur de ce cartilage est plus profonde chez l'homme ; chez ce dernier la pomme d'Adam est plus saillante, et l'angle sous lequel les deux moitiés du cartilage se rencontrent est plus aigu. Chez la femme, les ventricules de Morgagni sont plus petits ; les cordes vocales sont plus courtes et plus étroites.

C'est surtout dans les dimensions de la glotte que les deux sexes présentent des variétés remarquables. D'après Huschke (2), chez la femme, la longueur de la glotte est de 6 lignes ; elle est de 11 lignes chez l'homme.

II. Dans l'*orang-outang*, l'épiglotte est courte, très concave à sa base, tronquée et échancrée; les cartilages aryténoïdes sont plus petits que dans l'homme, et les cunéiformes sont plus grands. Les rubans vocaux sont libres et tranchants; l'ouverture du ventricule est ovale et très large. Le ventricule lui-même est une grande cavité ovale, large en tous sens, divisée en deux parties par une demi-cloison. La partie supérieure de cette cavité communique par un trou percé entre le cartilage thyroïde et l'os hyoïde, avec un grand sac membraneux situé dans la gorge (3). Ces deux sacs sont accolés, mais ne communiquent pas l'un avec l'autre.

Dans plusieurs singes de l'ancien continent, l'os hyoïde forme un bouclier bombé qui sert à protéger le commencement d'un sac membraneux simple, qui communique avec le larynx, par un trou situé entre la base de l'épiglotte et le milieu du bord antérieur du cartilage thyroïde.

Parmi les singes du nouveau continent, c'est dans l'*alouate* ou *sapajou hurleur* qu'on trouve la disposition la plus remarquable. L'os hyoïde, bombé en forme de vessie arrondie, offre une ouverture large et carrée. Le larynx a la forme ordinaire de celui des sapajous, et chaque ventricule communique avec une poche membraneuse qui se glisse entre l'épiglotte et l'aile contiguë du cartilage thyroïde pour se porter vers l'os hyoïde. Il résulte de cette conformation, que l'air qui a passé entre les cordes vocales pénètre en partie dans la cavité osseuse et élastique de l'os hyoïde, et c'est la résonnance qu'il y éprouve qui donne à la voix de ces singes le timbre spécial qui la caractérise. Si l'on en croit les récits de quelques voyageurs, les cris de ces animaux se font entendre à plus d'une demi-lieue ; ils sont véritablement effrayants et on les a comparés au bruit que déterminerait l'écroulement des montagnes. C'est surtout au lever et au coucher du soleil, ou bien à l'approche d'un orage, que les alouates poussent des hurlements : ils y ont quelquefois recours aussi pour éloigner leurs ennemis.

III. Les *carnassiers* présentent de grandes différences dans la conformation du larynx.

Dans le genre *canis*, l'épiglotte est triangulaire; les cartilages cunéiformes sont saillants en dehors et présentent la forme d'un *S* italique ; les aryténoïdes sont effacés et fourchus; les rubans vocaux bien tranchants, bien libres; les ventricules profonds.

Dans le genre *felis* (lion, tigre, panthère, lynx, chat commun), les ligaments antérieurs de la glotte sont séparés de l'épiglotte par un sillon large et profond de chaque côté ; ils sont très épais. Les ligaments postérieurs ne sont ni libres ni tran-

(1) Huschke, *Splanchnologie*, p. 225.
(2) *Loc. cit.*
(3) Cuvier, *Leçons d'anatomie comparée*, t. VIII, p. 780.

chants; on ne les distingue des antérieurs que par leur apparence plus ferme, leurs stries plus régulières. Le cartilage thyroïde est composé de deux ailes très obliques; les cornes antérieures sont remplacées par des cartilages particuliers.

Dans le blaireau, le larynx présente une conformation spéciale (1). Le ventricule, qui est très ouvert, s'ouvre dans deux poches qui s'étendent, l'une fort avant sous la racine de la langue; l'autre entre le thyroïde et le cricoïde.

IV. Dans l'ordre des *rongeurs*, il n'existe pas de différences moins grandes que parmi les divers carnassiers. Chez les uns, le *porc-épic* par exemple, il n'y a ni ligaments ni ventricules; chez les autres, le *paca* par exemple, les rubans vocaux sont très distincts. A la base de l'épiglotte existe une petite dépression où les deux sillons qui remplacent les ventricules semblent aboutir (2). Dans les lièvres et les lapins, on ne trouve pas de ligament vocal supérieur.

V. Dans les *proboscidiens*, chez l'éléphant par exemple, les cartilages aryténoïdes ne se touchent point par leur face interne qui est un peu concave. De leur partie inférieure part un ligament vocal très prononcé, bien tranchant, qui s'attache au cartilage thyroïde sous la base de l'épiglotte. Un sillon tient lieu de ventricule; vers la commissure des deux rubans vocaux est de chaque côté, en dehors, un petit repli vertical qui va gagner l'épiglotte.

Dans les solipèdes, le cartilage thyroïde est composé de deux ailes rhomboïdales obliques, à cornes peu saillantes; les aryténoïdes sont grands, recourbés en arrière à leur partie supérieure. L'extrémité inférieure fait une saillie en dedans du larynx et donne attache à un ruban vocal étroit situé profondément, et détaché tant à son bord supérieur qu'à l'inférieur. Le ligament supérieur est peu marqué; un trou percé dans la paroi latérale, au-dessus du ruban vocal, conduit dans un grand sinus oblong caché entre cette paroi et le cartilage thyroïde. Au-dessus de la commissure antérieure des deux rubans vocaux, et sous la base de l'épiglotte, est un trou impair qui conduit dans une cavité pratiquée sous la voûte qui forme le rebord antérieur du cartilage thyroïde.

VI. On ne trouve, en général, ni ligaments vocaux supérieurs, ni ventricules chez les *ruminants*.

Dans la gazelle commune et la corine, on voit à la base de l'épiglotte, un peu au-dessus de la commissure des rubans vocaux, un trou qui conduit dans un sinus membraneux caché entre l'épiglotte et le cartilage thyroïde. Camper (3) a trouvé dans le renne, entre les mêmes parties, un grand sac qui s'étend sous la gorge. Chez le lama, il existe des ventricules compris entre deux ordres de ligaments vocaux. Le larynx du bœuf est, comme on le sait, dépourvu de ventricules et de cordes vocales supérieures.

VII. Dans le *dauphin* et le *marsouin*, le larynx forme une pyramide qui s'élève pour pénétrer dans la partie postérieure des narines et s'y ouvrir par son extrémité seulement, laissant à chacun de ses côtés un passage pour les aliments. Cette disposition tout à fait exceptionnelle tient assurément à la manière dont les cétacés

(1) CUVIER, *loc. cit.*
(2) *Id.*, *loc. cit.*
(3) *Id.*, *loc. cit.*, t. VIII, p. 796.

vivent. On conçoit, en effet, très bien que ces animaux avalant continuellement de l'eau, l'air extérieur qui pénètre par les fosses nasales n'aurait pu se frayer une voie à travers le larynx si cet organe en avait été toujours séparé par une couche de liquide. Il n'existe, d'ailleurs, ni glotte, ni cordes vocales ; les cétacés n'ont pas de voix proprement dite.

Chez le dugong, les deux moitiés latérales du cartilage thyroïde sont unies par du tissu fibreux, cellulaire et adipeux (1). Le cartilage cricoïde est largement ouvert chez les baleines (2).

Dans quelques cétacés vrais, on rencontre une glande laryngienne, située au dessous du cartilage thyroïde, dans l'intervalle que laisse l'arc du cartilage cricoïde. Ses conduits excréteurs s'ouvrent dans la cavité du larynx (3).

Voix des mammifères à glotte simple. — De la voix du bœuf en particulier.

En faisant connaître plus haut les dispositions principales de l'organe vocal des mammifères, nous avons constaté que plusieurs espèces ont un *larynx* dépourvu de ventricules et de cordes vocales supérieures. Tel est celui du bœuf.

Pour procéder du simple au composé, et aussi pour développer plus commodément, par la suite, nos idées sur le mécanisme de la voix humaine, il nous a paru convenable d'étudier d'abord celui de la voix chez les mammifères à glotte simple, et du *sifflement oral* chez l'homme.

Dans le bœuf, dont nous prendrons ici le larynx pour type, cet organe représente un simple tube, muni à sa partie inférieure d'une ouverture variable dans ses dimensions : c'est la *glotte.* Les parois de ce tube, formées par des muscles énergiques recouverts d'une membrane fibreuse et élastique, peuvent éprouver des changements de rigidité, et la masse d'air qu'elles renferment est elle-même soumise à des variations dans son volume : la partie supérieure de ce tuyau sonore peut être partiellement fermée par l'épiglotte.

Il devient facile d'expliquer, en nous appuyant sur les principes précédemment développés, comment le son est produit dans le larynx du bœuf, et très probablement dans celui des autres mammifères qui ne possèdent qu'une glotte simple.

L'air venu des poumons, s'échappant en partie par la glotte, éprouve dans son écoulement des variations périodiques qui déterminent, dans l'air du tuyau laryngien, des vibrations synchrones à celles qu'il éprouve dès sa sortie. La rigidité des parois du tuyau, leurs dimensions, et la fermeture variable due à l'épiglotte, permettent toujours au son du tuyau laryngien de s'accommoder à celui que le fluide produit en passant à travers la glotte vocale. Le nombre des vibrations ou la hauteur du son dépend de la pression de l'air ; son intensité, de la grandeur de l'orifice de sortie et de la variation de pression que l'air peut éprouver sans changer le ton. L'air, qui s'échappe par la glotte inter-aryténoïdienne, doit aussi éprouver des mouvements ondulatoires dont la périodicité est la même que celle des vibrations sonores, et il excite alors, dans les oreillettes des cartilages aryténoïdes, des oscillations qui, jointes à celles des parois du larynx et de l'épiglotte, contribuent sans doute à donner à la voix du bœuf un timbre particulier.

L'échelle des sons est très limitée chez le bœuf, parce qu'il y a peu de varia-

(1) OWEN, *Proceed. of the zool. Soc. of London*, part. VI, 1838, p. 37.
(2) SANDIFORT, *Bydragen tot de ontledkundige kennis der Walvischen.* Amsterdam, 1831.
(3) RAPP, *Würtemberger naturwisch. Abhandl.*, I, et *Cetaceen*, p. 147.

tions dans les éléments du tube laryngien sus-glottique, qui consiste en un simple tube renforçant membraneux. S'il nous était permis de comparer l'organe vocal du bœuf à un appareil sonore artificiel, nous n'hésiterions pas à lui trouver une certaine analogie avec l'instrument formé par une simple tige d'oignon qu'on serre entre les lèvres à l'une de ses extrémités. Dans cette comparaison, nous ne faisons intervenir ni le tuyau respiratoire qui exerce nécessairement une grande influence sur la phonation, ni le changement de rigidité des parois.

J. Müller (1) a décrit des appareils à *anches membraneuses* qui n'ont pas la moindre ressemblance avec les organes vocaux des animaux; on peut voir, sur ses dessins, qu'il a construit des anches de hautbois ou de clarinette en caoutchouc, mais non pas des embouchures présentant la configuration de la glotte.

A l'aide de ses instruments artificiels, A. Masson semble avoir mieux imité la nature. Ce physicien prend des tubes en gomme élastique de 2 à 3 centimètres de longueur, et dont le diamètre varie comme celui des tuyaux qu'il veut faire résonner. Il pince ces embouchures au milieu et sur deux arêtes opposées, de manière à former une fente analogue à la glotte. Si l'on souffle dans ces appareils, on obtiendra difficilement des sons; mais, en y ajoutant des tubes en caoutchouc vulcanisé, on arrivera toujours, en modifiant convenablement l'ouverture, à faire parler le tuyau avec un faible courant d'air. Chaque tuyau additionnel produira généralement un seul son, et en changeant leurs longueurs, on parcourra une étendue de plusieurs octaves.

Les sons ainsi obtenus ont la plus grande ressemblance, pour le timbre, avec ceux des mammifères à glotte simple.

Ce nouveau moyen de produire des sons n'admet ni corde ni anche proprement dite; le son est dû uniquement à la sortie de l'air à travers une ouverture elliptique analogue à la glotte.

Si l'on substitue des tuyaux de verre aux tubes de gomme élastique, le son est plus pur, approche davantage des sons de flûte; mais il est toujours plus grave que le son propre du tuyau, ce qui paraît dû à une grande influence de l'embouchure membraneuse.

Sifflement oral de l'homme.

La faculté de siffler met l'homme en possession d'un registre particulier de sons, dont la source est dans l'air de la cavité buccale et dans l'air ambiant.

Dans le sifflement avec la bouche, le siége principal des vibrations sonores est à l'ouverture formée par les lèvres, ouverture que nous désignerons, avec Dodart, sous le nom de *glotte labiale*. La sortie de l'air par cet orifice étant évidemment la cause principale du son, il nous faut expliquer par quel mécanisme ce fluide gazeux peut éprouver un mouvement vibratoire. Dodart (2) a donné une *Théorie du sifflet* qu'on regrette de ne pas trouver dans les différents ouvrages qui ont cité ses travaux sur la voix. Ce physiologiste avait parfaitement compris toute l'importance d'une étude complète et comparée des glottes labiale et vocale, aussi bien que l'analogie de ces deux appareils. Toutefois, craignant qu'on ne l'accusât de s'occuper d'une question futile, il prend beaucoup de précautions oratoires avant de

(1) *Ouv. cit.*

(2) *Supplément au mémoire sur la voix et les tons.* Dans *Mém. de l'Ac. des sc. de Paris*, année 1707, p. 66.

décrire le sifflet, auquel il consacre un chapitre assez étendu qui d'ailleurs servira de base à notre étude sur ce sujet.

« La glotte labiale, dit Dodart, est moins importante et moins utile que la glotte vocale ; mais on va voir que, toute méprisée qu'elle est, elle ne laisse pas d'être, philosophiquement parlant, très digne de considération.

» L'entr'ouverture des lèvres, pour siffler, est précisément de la figure de la glotte dans la plupart de ceux qui savent s'aider de leurs lèvres pour cet usage. Le changement qui arrive dans les lèvres, pour former le sifflet, est de se froncer pour raccourcir leur ouverture naturelle et pour l'entr'ouvrir en avant. Cette ouverture est presque toujours, comme je l'ai dit, de la même figure que celle que j'ai attribuée à la glotte vocale quand elle est en action pour la voix. Voilà presque tout l'instrument ; et, en effet, cela seul, sans canal et sans autre étendue que celle de l'ouverture des lèvres, suffit pour le son et pour tous les tons du sifflet. »

Il est utile de faire observer, dès à présent, que Dodart ne tient aucun compte de la cavité située derrière l'orifice labial, et qui joue, comme nous le démontrerons plus loin, un rôle très important dans le sifflement.

Dodart revient plusieurs fois et insiste surtout (p. 68) sur l'analogie complète qui existe entre les usages de la glotte vocale et ceux de la glotte labiale.

« Dans le mémoire sur la voix humaine, j'ai dit, continue Dodart, que le petit diamètre de la glotte diminue à chacune de ses extrémités à chaque changement de ton et de parcelle de ton passant du bas en haut de l'échelle musicale ; or, après tout ce qui a été dit de la glotte labiale par comparaison à la glotte vocale, il est bien aisé de voir si celle-là a les mêmes usages que celle-ci, et si elle les remplit par le même mouvement. On ne peut douter des usages, puisque la seule ouverture des lèvres fait tous les tons et demi-tons, etc., entonne aussi juste à l'unisson que la voix, et suit sur le pied de la première note entonnée celles qui suivent haut et bas, avec la même justesse, par le mouvement d'éloignement ou d'approche des lèvres.

» Cela prouve visiblement tout ce que j'avais dit de la glotte vocale ; car, dans la glotte labiale, on n'a pas besoin de prouver par le raisonnement les degrés d'approche des lèvres, comme on est obligé de le faire à l'égard de la glotte vocale : il n'y a point à deviner ni à raisonner, on *voit*. »

Dodart (1) pense que la faculté de produire des sons de sifflet en aspirant ou en expirant l'air, l'ouverture restant constante, explique la possibilité de produire un sifflement continu, et il rejette l'influence que peut avoir la respiration nasale sur la vitesse de l'air appropriée à un ton donné. Nous ne partageons pas, sur ce point, l'opinion de l'auteur, et nous pensons qu'une partie de l'air, variable avec la pression nécessitée par les sons qu'on veut obtenir, entre et sort par les narines dont le conduit sert de trop-plein et rend constante la masse d'air expirée ; de telle sorte que la respiration est maintenue à l'état normal. On éprouve, en effet, beaucoup de fatigue en sifflant par aspiration et expiration d'une manière continue, quand on presse les ailes du nez de manière à le fermer complétement. Nous attachons de l'importance à ce double circuit dans lequel l'air peut se mouvoir pendant la production du son du sifflet, parce qu'il y aura lieu d'examiner plus tard si, dans les autres organes, qui dans les animaux servent à produire des sons, il n'y a pas une disposition analogue à celle qui existe dans l'appareil siffleur de l'homme.

(1) *Mém. cit.*, p. 72.

Théorie de Dodart. — « Le son est produit, dans le sifflet, par le passage de l'air lancé d'une certaine vitesse dans l'air dormant écarté par l'air lancé ; ce à quoi il faut joindre le frémissement que ce passage cause dans l'ouverture par où l'air est lancé et peut-être encore le frottement naturel de ces deux airs l'un par l'autre et l'un contre l'autre.

» La seule différence de vitesse de l'air sonnant dans l'air dormant, jointe aux différents intervalles de vibrations qui résultent des divers degrés de fermeté dans le ressort de l'instrument, c'est-à-dire dans la seule ouverture frémissante, sans aucun corps d'instrument, suffit pour produire tous les tons. »

Dans cette théorie, Dodart n'explique pas le mouvement vibratoire de l'air ; il considère la cavité buccale comme complétement inutile, et il semble ignorer le rôle des divers éléments qu'il fait intervenir dans le problème qu'il veut résoudre. Nous aurons à revenir sur les idées de Dodart à propos de la cause de la voix humaine qu'il regarde comme analogue au sifflement oral.

Après Dodart, quelques auteurs ont attribué le sifflement aux vibrations des lèvres qu'ils ont assimilées à des anches libres. Mais il est facile de s'assurer que, dans l'action de siffler, les lèvres n'éprouvent qu'un mouvement insensible et secondaire, et sont incapables de produire des sons par elles-mêmes. D'ailleurs, on peut remplacer l'ouverture labiale par des orifices percés dans des plaques solides, sans changer le phénomène, et c'est ce qui sera démontré dans la suite par des expériences. Il faut donc abandonner immédiatement cette fausse théorie.

Théorie de Cagniard-Latour (1). — Cette théorie a été généralement adoptée sans discussion par les physiologistes, quoiqu'elle renferme un principe, *les vibrations des colonnes d'air par frottement immmédiat*, dont l'application n'a été faite à aucun instrument. Le nom de l'auteur et ses nombreux travaux justement estimés nous imposent l'obligation de l'examiner avec une scrupuleuse attention.

Cagniard-Latour a démontré d'abord, à l'aide d'une expérience très simple, que le son du sifflet n'est pas dû aux vibrations des lèvres, et cela en substituant à l'ouverture qu'elles forment un orifice circulaire de 5 millimètres de diamètre percé dans des plaques de liége d'épaisseurs diverses qu'on plaçait entre les lèvres, la face antérieure un peu en avant dans la bouche.

L'épaisseur des disques étant de 2 à 3 millimètres, on a des sons de sifflet très purs en soufflant de l'air à travers l'orifice ; tandis qu'on ne peut produire les mêmes effets avec des épaisseurs plus grandes ou plus petites (4 millimètres ou 1 millimètre.)

Avec une seule rondelle, celle de 3 millimètres, il est possible d'obtenir tous les sons compris dans une octave au moins, pourvu qu'on règle convenablement la cavité intérieure de la bouche et la vitesse d'écoulement de l'air.

Avec des rondelles évasées coniquement, on n'a de son qu'en présentant au souffle le côté non évasé. En variant les dimensions des divers éléments des rondelles, on en trouve qui produisent des sons seulement par inspiration, et d'autres par expiration. Quelquefois on obtient des sons d'une même rondelle, soit en aspirant l'air extérieur, soit en soufflant par l'orifice. On peut remplacer le souffle par un courant de gaz établi au moyen d'un gazomètre.

(1) *Mémoire sur le son qu'on produit en sifflant avec la bouche.* Dans *Journal de physiol. expérimentale*, t. X, p. 170.

Cagniard-Latour conclut de ces premières expériences que si les lèvres vibrent dans l'action de siffler, leurs vibrations ne sont pas une condition nécessaire pour que le son se manifeste.

Passant de ces conclusions aux hypothèses, il croit pouvoir déduire de ses observations une théorie du sifflet, qu'il résume dans les propositions suivantes (1) :

« 1° Selon toute apparence, le son ordinaire du sifflet vient de ce que l'air, en passant par le conduit formé par les lèvres contractées, subit un frottement intermittent propre à engendrer un son primitif qui acquiert de l'intensité, en communiquant ses vibrations à l'air contenu dans la bouche.

» 2° La bouche elle-même, la trachée-artère et les poumons peuvent avoir une certaine influence sur les vibrations du conduit siffleur.

» 3° Si les lèvres elles-mêmes ont une vibration, elle n'est pas une condition nécessaire pour que les sons du sifflet se produisent. »

Après avoir constaté que le son est produit, dans le sifflet, par le mouvement de l'air sortant par l'orifice que forment les lèvres, Cagniard-Latour ne paraît pas avoir reconnu quel est le véritable appareil renforçant et son influence, car il admet que c'est la cavité de la bouche qui renforce le son, et même qu'il en est ainsi de la trachée-artère et des poumons.

Ce physicien rejette toute assimilation entre l'appareil siffleur et l'appareil des oiseleurs, parce que, dit-il, dans ce dernier, les orifices sont percés dans des parois minces, tandis que, pour siffler, il faut un conduit d'une certaine longueur qui augmente d'autant plus le frottement qu'il est plus long, et modifie ainsi le nombre des vibrations.

Ce qui a été dit précédemment des appeaux nous dispense de toute discussion relative à la théorie que Cagniard-Latour donne de ces instruments dans lesquels il suppose que l'air intérieur, restant immobile et se comportant comme un solide, forme un canal dans lequel l'air insufflé éprouve, de la part des parties solides et gazeuses, un frottement qui le met en vibrations sonores.

Cette manière de voir, adoptée par J. Müller (2), nous semble contraire à tous les principes admis jusqu'ici relativement aux propriétés des fluides et nous allons essayer de le prouver.

Il faut de toute nécessité, pour qu'un corps devienne sonore, que ses molécules, dérangées de leurs positions d'équilibre par une force extérieure, puissent y revenir en oscillant, sous l'influence des attractions qu'elles éprouvent de la part des molécules voisines, ce qui suppose nécessairement, dans le corps vibrant, un certain degré de cohésion qui existe à peine dans les liquides, et qu'on ne saurait admettre dans les gaz.

Voulant démontrer que l'air peut, par le frottement, entrer en vibration à la manière des solides, Cagniard-Latour rappelle qu'on fait sonner une vitre en la frictionnant avec le pouce mouillé. Cette comparaison manque de justesse : le carreau frotté produit des harmoniques si l'on varie la vitesse et la place du frottement : ce n'est pas le pouce qui est le corps sonore, ce corps mou sert seulement d'archet.

Si l'on peut admettre que, dans quelques circonstances, le corps frottant et le corps frotté entrent en vibration, assurément il n'est pas permis de supposer que l'air, substance dépourvue de toute cohésion, jouisse de cette propriété. On ne pourrait même pas citer un exemple où l'air se comporte réellement comme un archet et

(1) *Mém. et rec. cit.*, p. 187.
(2) *Manuel de physiol.* Trad. franç., t. II, 230.

fasse vibrer les corps en les frottant. S'il en était ainsi, les molécules des gaz devraient opposer à tout déplacement une certaine résistance nécessaire pour qu'il y eût mouvement des molécules dans le corps frotté. Or, tous les faits sont contraires à cette idée de la cohésion dans les fluides élastiques. Enfin, si un gaz pouvait entrer en vibration par le frottement des corps solides, on devrait, en faisant tourner rapidement dans l'air un plateau circulaire et mince, obtenir des sons qui dépendraient de la vitesse du disque et faire sonner ce fluide comme on fait vibrer un corps solide qui presse les faces de l'appareil tournant : jamais on n'a observé une pareille production de son.

Si la théorie que nous examinons était exacte, elle servirait à expliquer les vibrations produites dans des circonstances identiques et ne serait pas seulement vraie pour le sifflet. Les bruits ou sons, résultant de l'expansion des gaz, devraient être attribués au frottement de l'air contre les parois des conduits, et le bruit d'un canon résulterait du frottement de l'air contre la bouche à feu.

Dans la *sirène* elle-même, le son aurait pour cause la friction que l'air éprouve de la part des bords des orifices de sortie. Il en serait encore de même pour les sons obtenus à l'aide des liquides dans ce même instrument. Nous ne croyons pas que les physiciens aient jamais adopté cette explication que Cagniard-Latour, forcé par sa théorie du sifflet, semble néanmoins ne pas rejeter, puisqu'il dit (p. 174) : « J'ai présumé qu'une des conditions nécessaires pour obtenir cet effet sonore (le sifflet), c'est-à-dire pour que les intermittences du frottement eussent le temps de s'établir, et qu'ainsi les bruits du frottement devinssent périodiques et *sonores comme les bruits de la sirène*, j'ai présumé, dis-je, qu'une des conditions était que le conduit eût une certaine longueur par rapport à son diamètre. »

Ces idées nous semblent peu d'accord avec les expériences mêmes de l'auteur ; car il a trouvé que des rondelles de liége, de 1 et de 4 millimètres d'épaisseur, ne produisaient pas de son, tandis que celles de 3 millimètres pouvaient résonner. Il aurait fallu tenir compte davantage des dimensions de l'appareil renforçant qui exerce une grande influence sur les épaisseurs des disques nécessaires à la production d'un son, ainsi que A. Masson l'a constaté dans ses expériences sur l'écoulement des gaz, expériences dont les principaux résultats ont été relatés précédemment.

Théorie de A. Masson. — L'appareil du sifflet ordinaire, chez l'homme, est un véritable appeau dans lequel le son est originairement produit, par inspiration ou par expiration, à l'orifice antérieur formé par les lèvres, et que, à l'exemple de Dodart, nous désignons sous le nom de *glotte labiale*. L'écoulement périodiquement variable de l'air, qui sort par cette ouverture, imprime à l'air extérieur des pulsations ou vibrations entièrement analogues à celles que la sirène y détermine en interrompant périodiquement la sortie de l'air qui s'écoule de son réservoir ou tambour. Dans le cas où un gaz s'écoule d'une manière continue, le mouvement oscillatoire de l'air extérieur n'est pas occasionné, comme dans la sirène, par des intermittences complètes d'écoulement, mais seulement par des variations régulières et périodiques de la quantité d'air expulsé par l'orifice de sortie ; d'où résultent, dans le milieu extérieur, des pressions périodiquement variables, et par conséquent un son qui serait très faible et souvent même insensible sans un appareil renforçant qui participe lui-même à ce mouvement oscillatoire, et vibre à l'unisson du son produit à l'embouchure. Dans le sifflet, le tuyau renforçant est formé par une cavité comprise entre les lèvres et la langue, dont la pointe vient se

placer contre les dents de la mâchoire inférieure. L'orifice postérieur de cette espèce d'appeau est le canal compris entre la langue et le palais, et plus souvent l'espace compris entre la langue et les dents de la mâchoire supérieure.

Cette cavité à parois membraneuses est susceptible de donner des sons plus graves qu'un appareil de mêmes forme et dimensions à parois rigides. Le son du tuyau siffleur de l'homme paraît toujours vibrer à l'unisson du son produit à l'orifice pour les limites de pression de l'air qu'il peut atteindre.

Beaucoup d'individus acquièrent une singulière aptitude à approprier la grandeur de la glotte labiale et les dimensions de la cavité buccale au son qu'ils veulent produire, de manière à entonner avec une extrême rapidité tous les tons possibles dans l'étendue d'une octave au moins.

La hauteur du ton dépend de la pression qui est plus grande pour les sons aigus que pour les sons graves, et l'intensité résulte de la quantité d'air insufflé et de sa pression comprise pour un même son dans des limites plus ou moins étendues.

Avec une ouverture déterminée et invariable, on peut, en modifiant convenablement la pression de l'air et la grandeur du tuyau renforçant, obtenir plusieurs sons. On modifie facilement les dimensions de l'appareil siffleur par un mouvement de langue en avant ou en arrière.

La grandeur des orifices, la capacité du tuyau buccal, la tension de ses parois et la pression de l'air sont réglées instantanément par le siffleur, et avec une précision remarquable, dont le sentiment est le seul guide, de manière à engendrer tous les tons et fractions de tons possibles.

L'homme possède donc, pour siffler, un appareil dont la perfection n'existe dans aucun des instruments de musique artificiels.

Les sons étant produits avec la même facilité par inspiration ou par expiration, il semble qu'on devrait, sans être gêné, pouvoir siffler d'une manière continue. Cependant, quand on expérimente en bouchant le nez, on éprouve une certaine difficulté dans la respiration. Il est nécessaire que les narines laissent entrer ou sortir une certaine portion d'air variable avec la pression exigée par la production des sons. Le nez sert donc, en quelque sorte, de tube de sûreté ou de régulateur d'écoulement, de manière à laisser constante la quantité de gaz exigée pour une respiration normale.

La théorie précédente trouve en partie son explication dans les expériences de A. Masson sur l'écoulement des gaz et sa confirmation dans les faits suivants :

Ce physicien a pris des disques métalliques, percés de trous cylindriques, à arêtes vives. Leurs épaisseurs ont varié de 2 à 5 millimètres, et les diamètres des ouvertures centrales ont été compris entre 2 et 7 millimètres. En appliquant les lèvres contre ces disques, de manière à remplacer la glotte labiale par une ouverture fixe et solide, l'expérimentateur a pu produire, avec chaque disque, par inspiration ou expiration, des séries de sons très étendues en modifiant convenablement, et pour chaque son, la pression de l'air et la cavité buccale, exactement comme dans le sifflet.

Les séries de tons sont d'autant plus graves que les diamètres des orifices sont plus grands.

Ces appareils permettent une modulation aussi juste et aussi rapide que celle qu'on détermine à l'aide de la glotte labiale.

En ajustant des tuyaux de verre à des plaques minces de métal, bois ou ivoire et percées à leurs centres d'un orifice circulaire, on obtient, en soufflant dans l

tube par l'ouverture opposée au disque, des sons de sifflet très purs, lorsque la capacité du tuyau renforçant est dans un certain rapport avec les dimensions de l'orifice de la plaque et la pression de l'air qu'on peut obtenir. On ne réussit pas à faire entrer en vibration toute espèce de tuyaux avec une même plaque. Le tuyau parle en aspirant ou en expirant l'air.

Tous ces faits sont la conséquence des expériences du même auteur sur l'écoulement des gaz, et par conséquent faciles à expliquer.

Lorsque les disques sont concaves, les phénomènes d'écoulement sont modifiés; et tel disque, qui produit un son quand on le place dans la bouche, lui ou son tube additionnel et qu'on souffle du côté concave, n'en donne plus quand on pousse l'air du côté convexe, ou qu'on aspire l'air par cette face; pour d'autres disques, c'est l'inverse. Il n'y a rien dans ces faits qui doive surprendre : ils prouvent que les vitesses d'écoulement ou les phénomènes de mouvement de l'air sont plus ou moins modifiés par la forme des plaques; c'est là un point que A. Masson traitera dans un prochain mémoire.

Lorsqu'un disque est adapté à un tube, et qu'on a placé la plaque dans la bouche, de telle sorte qu'elle se trouve entre la cavité buccale ou l'appeau siffleur et le tube, on parvient à mettre le premier très facilement et très rapidement à l'unisson du second, ce qui permet d'obtenir ou des sons de l'appeau seul, ou des sons de l'appeau et du tube, et quelquefois des sons de l'un et de l'autre en même temps. Par ce procédé, on peut faire produire à la colonne d'air des tuyaux plusieurs de ses harmoniques, soit en aspirant, soit en poussant l'air dans le tube avec la bouche; tandis qu'en bien soufflant dans le tube directement par l'ouverture opposée au disque on n'obtient qu'un son.

La nature de l'orifice et sa forme sont sans influence sur la cause qui engendre le son. A. Masson a construit des sifflets avec des lames rectangulaires de gomme élastique, qu'il a roulées sur elles-mêmes de manière à former un bourrelet cylindrique de 1 à 2 millimètres de diamètre à une extrémité; puis, après avoir coupé longitudinalement le caoutchouc suivant une ligne perpendiculaire au bourrelet, il a soudé les bords pour former un tube ouvert aux deux bouts, et dont un orifice, circulaire et formé par le bourrelet, présente l'aspect d'un sphincter, et imite la glotte labiale lorsqu'on souffle.

Avec ces tubes on n'obtient pas toujours un son; il est nécessaire de régler la longueur du tube pour lui faire rendre l'unisson d'un son que l'orifice peut produire dans les limites de la pression exercée par l'air expiré. Il est possible, avec ces tubes siffleurs, d'avoir des sons par aspiration et par expiration : ce sont des appeaux dont un orifice a le diamètre du tube. Masson possède une série de ces appareils dans différents tons. Avec chacun d'eux on n'obtient qu'un son, parce que leurs harmoniques très aigus exigeraient, pour leur production, une pression beaucoup plus forte.

L'appareil siffleur de l'homme est très exactement représenté par les tubes siffleurs qui viennent d'être mentionnés.

Il résulte des faits précédemment énoncés, que l'instrument siffleur de l'homme est assimilable à un appeau, dans lequel les orifices, la cavité, la tension des parois et la pression de l'air peuvent instantanément varier à la volonté de l'individu, et donner lieu à une série de sons très étendus par le seul mouvement oscillatoire qu'éprouve l'air sortant, en quantité périodiquement variable, par l'orifice antérieur ou *glotte labiale*. La cause du son est donc, dans ce cas, la même que dans tous

les instruments à vent artificiels. Sa hauteur est due à la pression de l'air et son intensité à la masse de fluide qui s'écoule. Les sons deviennent d'autant plus aigus que l'orifice est plus petit, à cause de l'accroissement de pression qui est la conséquence du rétrécissement de l'ouverture. Il ne faut pas oublier que le son, obtenu pour un orifice d'une certaine dimension et une pression d'air convenable, reste le même quand on augmente la pression de l'air jusqu'à une certaine limite et que, dans ce cas, l'intensité du son augmente avec la force élastique du gaz.

Masson a observé que l'étendue de son, dans le sifflet, comprend plus de deux octaves. Deux expériences ont donné :

Vibrations.	Sons.	Vibrations.	Sons.
1280	*mi*$_4$	1316	*fa*$^{b}_{4}$
6400	*sol*$\sharp_6$	8533	*ut*$\sharp_7$

Les différents moyens, employés par l'homme pour siffler, s'expliquent également dans la théorie qui vient d'être exposée. Nous en dirons quelques mots.

a. On peut siffler, en formant une ouverture très étroite avec les dents plus ou moins serrées les unes contre les autres ; la langue ferme la cavité buccale en s'appuyant, d'une part, contre le palais, et, de l'autre, contre les dents inférieures.

b. Plusieurs personnes produisent facilement des sons de sifflet très aigus et très intenses, à l'aide du procédé suivant : elles superposent les doigts index et médius de chaque main ; puis elles mettent en contact les extrémités des médius de manière à former un V, dont la pointe appliquée sur la langue replie cet organe jusqu'au fond de la bouche. Cet instrument est serré entre les lèvres et l'on souffle fortement. Alors on a une sorte d'appeau dont le tuyau est la capacité comprise entre les doigts placés dans la bouche et l'embouchure sifflante, c'est-à-dire l'ouverture que laissent les lèvres serrées l'une contre l'autre.

c. On juxta-pose les mains pour former un tuyau bouché par le bas ; à la partie supérieure, les pouces, placés parallèlement, laissent entre eux une fente qu'on ferme en partie en appuyant les lèvres sur l'une des moitiés. En soufflant dans la cavité, on obtient des sons d'une grande pureté et beaucoup plus graves que dans le sifflet. En variant la cavité, on fait rendre plusieurs sons à l'appareil.

d. On plie tous les doigts de la main droite, par exemple, et cela forme une cavité ouverte vers le pouce, contre lequel on applique les lèvres ; en soufflant fortement et dans la direction parallèle au pouce, on obtient des sons d'une intensité extraordinaire.

Dans ces deux derniers appareils, l'orifice de sortie est situé à côté de l'ouverture d'admission de l'air.

e. Dodart (1) cite un moyen de siffler, que nous n'avons pu jusqu'à présent reproduire, en appliquant la pointe de la langue contre le palais. L'ouverture sifflante est appelée par lui *glotte linguale.*

La théorie est ici la même que celle du sifflet ordinaire.

Voix de l'homme.

Physiciens et physiologistes ont proposé bien des théories différentes sur la voix de l'homme. Nous croyons devoir exposer et discuter au moins les principales, avant de faire connaître celle que nous regardons comme la plus rationnelle de toutes.

(1) *Mém.* et *rec. cit.*

Théorie de Dodart. — Quand on prend connaissance des diverses appréciations qu'on a données des travaux de Dodart sur la voix humaine, on ne saurait se défendre d'une certaine surprise en voyant que les idées les plus opposées, les plus disparates, sont attribuées à cet auteur. Mais la surprise cessera bientôt pour ceux qui voudront lire et méditer ses mémoires avec une scrupuleuse attention, car ils y trouveront les germes des diverses théories qui ont été proposées. Toutefois, finalement, on constate que Dodart, n'ayant jamais pu se mettre d'accord avec lui-même, est arrivé de contradictions en contradictions à la théorie des cordes vocales, ordinairement attribuée à Ferrein.

Désirant nous débarrasser, tout d'abord, des théories nuisibles aux progrès de la question qui nous occupe, on nous pardonnera les détails dans lesquels nous allons entrer, quelque défavorables qu'ils soient à des opinions généralement accréditées.

Dodart a publié, sur la voix humaine et le sifflet naturel, plusieurs mémoires, dont il résume ainsi les principes (1) :

« 1° S'il est vrai, comme on n'en peut douter, que la glotte soit le principal organe de la voix, elle en est l'organe unique et l'âpre-artère n'y peut avoir aucune part formelle.

» 2° Si l'âpre-artère n'a pas, à l'égard de la glotte, l'usage du corps d'une flûte à l'égard de sa languette, la bouche doit avoir, à l'égard de la glotte, l'usage du corps d'un autre instrument à vent d'une espèce inconnue en musique.

» 3° La bouche et les narines n'ont nulle part à la production de la voix, mais contribuent beaucoup au son de la voix, c'est-à-dire à sa force et à son agrément.

» 4° La bouche ne fait rien à la production des tons, mais il est évident qu'elle les favorise en s'y proportionnant.

» 5° Les proportions de la concavité de la bouche avec les tons sont très probablement des proportions harmoniques.

» 6° L'usage de la bouche, en ceci, n'a nul rapport à celui des corps de flûte ni du hautbois, ni à celui du corps des jeux d'orgue à biseau.

» 7° Il n'a nul rapport à l'usage de la plupart des tuyaux des jeux d'anche de l'orgue, hors ceux d'un seul de ces jeux et seulement pour le corps du tuyau et non pour l'anche.

» 8° La glotte seule fait la voix et tous ses tons.

» 9° *La glotte n'est pas une anche.*

» 10° Son usage ne peut être expliqué par celui de l'anche du hautbois et beaucoup moins par les anches de l'orgue, ni par aucun instrument à vent qui soit en usage pour la musique. »

Comme preuves des assertions précédentes, Dodart les fait suivre de principes d'acoustique qu'il énonce en ces termes :

« La voix est un son, et tout son est l'effet d'un air battu violemment. La matière de la voix est l'air contenu dans les poumons, poussé de bas en haut et de dedans en dehors. — Le résonnement de quelque son que ce soit, et, par conséquent, celui de la voix suppose la voix déjà formée, et n'est que la suite du son. Les corps résonnants, qui sont visibles, sont ceux qui, étant frappés par l'air porteur du son, sont capables de réflexion et de ressort, et par conséquent de vibrations. — Les corps sonnants et résonnants visibles sonnent et résonnent suivant leur dimension en longueur. C'est cette dimension qui leur donne le ton. — Les corps résonnants

(1) *Sur les causes de la voix de l'homme et de ses différents tons.* Dans *Mém. de l'Acad. des sciences de Paris,* année 1700, p. 246 et suiv.

résonnent particulièrement selon l'égalité ou les proportions harmoniques de leurs dimensions, c'est-à-dire de leur ton, avec le son auxquels ils répondent, et ils y répondent plus ou moins, selon le degré de cette proportion, depuis l'unisson et les proportions harmoniques les plus proches jusques aux proportions harmoniques les plus éloignées. »

De cet exposé, il est permis de conclure que Dodart admet que tout son a pour cause un choc ou une impulsion initiale, imprimé à un corps quelconque, mais qu'en général un son ne reçoit le ton qui le caractérise que des vibrations d'un corps résonnant qu'il rencontre dans son mouvement de propagation. Un son produit dans un corps solide peut, en s'y propageant, acquérir un certain ton dépendant de la longueur de ce corps qui est alors sonnant et résonnant.

Pour bien préciser la pensée de Dodart, qui, malgré son obscurité, sert de base à toute sa théorie, nous citerons avec lui l'exemple suivant (1) :

« Il est certain que l'anche du hautbois a part non au ton de cet instrument, qui vient tout entier de la longueur précise du hautbois, mais seulement au son, puisque, sans anche, il ne parlerait pas. C'est donc l'anche qui lui donne le son, mais point du tout le ton, puisque l'instrument ne parle qu'au ton de sa propre longueur et point du tout au ton de la longueur et profondeur de son anche, car le ton de l'anche est infiniment éloigné de celui de l'instrument. »

On pourrait, en interprétant convenablement les paroles de Dodart, les rendre parfaitement conformes aux idées généralement admises aujourd'hui sur les vibrations des corps ; mais nous le mettrions en contradiction avec lui-même dans la suite de son travail.

Maintenant résumons la théorie de cet auteur sur la voix, telle que nous l'avons comprise et telle qu'elle nous a paru résulter des principes précédents :

1° Le son de la voix est produit par le choc de l'air, lancé à travers la glotte, sur l'air dormant extérieur.

2° Le ton de la voix a pour cause les vibrations des lèvres de la glotte, vibrations dont le nombre dépend non pas de leur dimension, mais de leur tension et de la vitesse de l'air sortant.

3° L'intensité des sons de la voix résulte de la quantité d'air qui s'échappe par la glotte, et par conséquent de la grandeur de son ouverture.

Telle est, suivant nous, l'opinion vraie de Dodart sur la voix, et cette opinion n'est pas celle qu'on lui attribue généralement.

Par de nouvelles citations empruntées à ses mémoires, il nous sera facile de prouver qu'en effet nous avons saisi sa pensée, qui consiste à faire de l'organe vocal un instrument à anches et à cordes, ce qui comprend les deux théories proposées par les divers auteurs, et nous explique la divergence de leurs critiques sur Dodart :

» Le canal extérieur (la bouche et les narines) ne fait rien au ton, dit cet observateur, et tous les tons viennent de la seule anche de l'homme, c'est-à-dire de la glotte.

» La seule ouverture de la glotte fait tous les tons ; on la compare ordinairement à l'anche du hautbois, et l'on a raison si l'on ne considère que l'ouverture de l'une et de l'autre. Mais, comme l'effet de l'anche du hautbois vient au moins autant de son ouverture que de sa profondeur, cette comparaison n'expliquera jamais l'usage de la glotte (2). »

(1) *Loc. cit.*
(2) P. 256. *Rec. cit. l. cit.*

D'ailleurs, comme nous l'avons dit, d'après Dodart, l'anche du hautbois ne donne pas le ton.

« On ne peut expliquer (1) les usages de la glotte par la seule dimension des vibrations de ses lèvres. Car elles ont trop d'épaisseur, dans une si petite étendue, pour être capables de vibrations proportionnées au grand effet de cette ouverture, puisque ces vibrations, jointes à certaines ouvertures, peuvent correspondre au ton d'un tuyau de 8 pieds de long.

» On ne peut comparer la cause qui met en branle les lèvres de la glotte qu'à celle qui fait résonner cette espèce d'instrument qui résulte de l'effet d'un vent impétueux donnant dans le papier entr'ouvert qui joint un châssis mal collé avec la baie d'une fenêtre. J'appellerai cet instrument *châssis bruyant* (2).

» Dans cet appareil, tous les tons sont produits par le seul mouvement d'un vent violent et par les seuls degrés d'une vitesse inégale, la moindre produisant les tons de basse les plus bas, et la plus grande ceux de dessus les plus hauts, et tout cela par une seule ouverture et par ses différentes vibrations. »

Il est clair, pour tout le monde, que cette théorie est celle des anches membraneuses de J. Müller. Mais il faut faire observer que, suivant Dodart, les vibrations de la lame de papier ne produisent pas le son, et que celle-ci vibre seulement pour donner le ton en modifiant les vibrations du son initial. Les vibrations de la lame de papier ne sont pas déterminées par la nature de ses dimensions : elles dépendent de la vitesse de l'air.

C'est toujours cette distinction du son et du ton déterminés l'un et l'autre par des causes différentes, qui change entièrement la signification des théories données par Dodart, quoiqu'elles paraissent exposées de la même manière que dans les ouvrages postérieurs aux siens. Nous avons dit, en effet, avec J. Müller, que dans les anches membraneuses les vibrations étaient modifiées par la vitesse de l'air.

Cette théorie du châssis bruyant, qui fait la base de la théorie de la voix, revient souvent, et toujours avec les mêmes expressions, dans les ouvrages de Dodart. Cet auteur établit, entre le châssis bruyant et la glotte, les différences suivantes qui serviront à mettre son opinion en toute évidence.

Après avoir déclaré que *la glotte n'est pas une anche*, il dit, p. 258 : « Il ne peut y avoir de vibrations dans la glotte, qui est une espèce singulière d'anche, que celles des lèvres. Ces vibrations sont causées par le frôlement de l'air qui s'échappe avec violence entre ces lèvres, et ces vibrations doivent être diversifiées par les différents degrés d'approche ou d'éloignement mutuel de ces lèvres diversement bandées ou contrebandées pour cet effet.

« On ne voit que la seule ouverture de la glotte (p. 259) jointe aux vibrations des lèvres plus ou moins pressées à proportion qu'elles sont plus ou moins bandées, qui puisse produire les tons de la voix. Il existe entre le châssis bruyant et la glotte ces différences : 1° L'ouverture du premier étant constante, l'intensité du son croît nécessairement avec le ton, puisque la quantité d'air qui passe par l'ouverture constante augmente avec la vitesse. Cela n'existe pas dans la voix humaine, dont les tons peuvent rester les mêmes en augmentant d'intensité, parce que la glotte est capable de s'ouvrir et de se refermer pour un même ton, et la poitrine

(1) P. 257. *Ibid.*
(2) P. 258. *Rec.* et *t. cit.*

capable de pousser l'air avec plusieurs degrés de force. Ainsi, on doit présumer que les différents degrés d'ouverture des lèvres de la glotte produisent les différents tons et voici comment :

» La glotte n'est capable que d'une seule modification : cette modification est l'approchement ou l'éloignement mutuel de ses lèvres; ce doit donc être par là qu'elle produit les différents tons de la voix. Cette modification comprend deux circonstances : l'une capitale et première pour la production de la voix, l'autre qui n'est qu'une conséquence nécessaire et si infaillible que la première ne peut être sans la seconde. La première est que les lèvres, depuis le plus bas ton jusqu'au plus haut, se bandent de plus en plus; la seconde, que plus elles se bandent, plus elles s'approchent.

» Il s'ensuit de la première que leurs vibrations sont d'autant plus fréquentes qu'elles approchent de leur ton le plus haut, et que la voix sera juste quand les deux lèvres seront également bandées, et fausse quand elles le seront inégalement; ce *qui s'accorde parfaitement avec la nature des instruments à cordes.* Il s'ensuit de la seconde que plus elles hausseront le ton, plus elles s'approcheront, ce qui s'accorde parfaitement *avec les instruments à vent gouvernés par des anches. Les degrés de contention dans les lèvres sont la première et principale cause des tons.* »

On ne comprend pas, en lisant ce passage, que des physiologistes aient avancé que Dodart ne faisait jouer aucun rôle aux cordes vocales dans la phonation.

Je ferai remarquer, de nouveau, que Dodart assimile l'organe de la voix à un instrument à corde et à anche, et qu'il est en contradiction manifeste avec ce qu'il a avancé plus haut, en rendant solidaires l'ouverture de la glotte et la tension de ses lèvres, puisqu'il ne peut changer l'intensité d'un son sans altérer sa hauteur, c'est-à-dire modifier l'ouverture de la glotte sans troubler la tension des lèvres. Par une nouvelle contradiction (p. 264), il regarde comme certain que les différentes ouvertures de la glotte produisent ou au moins accompagnent inséparablement différents tons, que la diminution de l'ouverture hausse le ton de la *glotte* et des *anches*, et que l'augmentation de cette ouverture baisse le ton. Il cite, à ce sujet, les divers sons produits par une simple embouchure de hautbois dont l'ouverture varie.

Ne pouvant expliquer les variations d'intensité d'un même son en admettant, ce qu'il désirait vivement, que la seule ouverture de la glotte produit les sons et leurs tons comme dans l'anche du hautbois, Dodart fait intervenir les vibrations des lèvres de la glotte; et ces deux causes pour un même effet ont jeté notre auteur dans des impossibilités et des contradictions desquelles il ne peut sortir.

« La seconde merveille de la glotte, dit Dodart (1), qui fait la troisième différence avec le châssis bruyant, est d'avoir été rendue capable non seulement de produire tous les tons de l'étendue de la voix, mais encore tous les degrés de fort et de faible dans chacun de ses tons, et cela par le même expédient de rendre la glotte capable de s'étrécir et de se dilater, et voici comment : le son dépend de la vitesse; le ton, du degré de la vitesse de l'air s'échappant par la glotte, et de l'*intervalle de ses vibrations ;* la force, de la quantité de l'air augmentée; la faiblesse, de la quantité de l'air diminuée.

» Comment donc peut-on conserver le même ton et augmenter la quantité de l'air? Car une plus grande quantité d'air passant par la même ouverture doit passer plus vite, et par conséquent augmenter le ton. Or, nous supposons que le ton

(1) P. 265.

est toujours le même, que le son soit plus fort ou qu'il soit plus faible. C'est que la glotte se dilate pour laisser échapper plus d'air et se resserre pour en laisser échapper moins, et se dilate précisément autant qu'il faut pour passer du fort au faible sans changer le ton. Car il est absolument indifférent, pour la vitesse de l'air, ou que plus d'air se présente à la glotte dilatée autant qu'il faut pour laisser passer cette quantité d'air de la même vitesse qu'auparavant passant du faible au fort, ou de la serrer précisément autant qu'il faut pour conserver le même degré de vitesse à une moindre quantité d'air passant du fort au faible. »

Tout en comparant, dans ce passage, l'organe vocal au châssis bruyant, Dodart abandonne l'influence des vibrations des lèvres de la glotte, et semble admettre que, dans la voix, le son est produit par la sortie de l'air à travers la glotte : le ton est occasionné par sa vitesse, et par conséquent sa pression à la sortie, et l'intensité pour chaque ton dépend de la quantité d'air, et conséquemment de l'ouverture de la glotte.

Dans cette autre voie, Dodart rencontre de nouvelles difficultés ; il ne peut combiner le ton et l'intensité. Sacrifiant alors ce dernier élément, il arrive à cette solution définitive par la comparaison de la glotte et de l'anche du hautbois :

« Le son est produit par la sortie de l'air à travers la glotte.

« Le ton est le résultat du degré de vitesse de l'air déterminé par le rétrécissement ou la dilatation de la glotte occasionnée par la contention des lèvres de cet orifice, qui vibrent à l'unisson du son produit par l'air et sous son influence. »

Cette dernière théorie est nettement exposée plus loin (1) :

« La difficulté est de savoir si j'avais eu raison de dire que la seule ouverture de la glotte fait le son, et, par sa dilatation et son rétrécissement, les tons de la voix. Un savant homme de mes amis n'en convient pas. Il ajoute à l'ouverture de la glotte les vibrations de ses lèvres... »

Comme s'il craignait d'être trop précis et trop clair, Dodart ajoute :

« Nous convenons pour ces deux causes, qui dans le fond n'en font qu'une. »

L'explication et la figure qu'on trouve dans la note de laquelle est extrait le passage précédent nous confirment dans le résumé que nous avons donné relativement à la dernière opinion de Dodart. Celle-ci a été admise par Ferrein, dans le mémoire duquel se trouve une réfutation très complète de la théorie de Dodart. Il avance, en effet, que si les tons ne dépendaient que de l'ouverture de la glotte, et par conséquent de la vitesse de l'air, on ne pourrait pas faire varier l'intensité et le ton par la même cause ; car il serait impossible de faire varier la quantité d'air sortant, sans changer l'ouverture de la glotte, par suite la vitesse de l'air et le ton.

Ainsi cette dernière théorie de Dodart est inadmissible. Voyons la première, qu'il a nettement exprimée dans son mémoire sur l'organe du sifflet humain (2), qu'il compare à l'organe vocal. Le son, sa hauteur, son intensité, sont le résultat de la sortie de l'air par la glotte vocale ou labiale, de sa pression ou vitesse, de sa quantité.

Cette manière d'envisager la production du son ne nous paraît pas plus admissible que la première par les raisons suivantes :

1° Si la pression de l'air suffit pour produire tous les tons, l'ouverture de la glotte, contrairement à l'opinion de Dodart, n'exerce une influence marquée que sur l'intensité, et l'on pourra produire des sons divers, mais d'intensités différentes, avec une même ouverture de glotte, l'intensité dépendant uniquement des

(1) *Mém.* et *rec. cit.*, p. 284.
(2) *Loc. cit.*

efforts de poitrine. Il en résultera dès lors que les lèvres de la glotte pourront être tendues et détendues pour un même son, et que leur tension n'aura aucune influence sur le son et en restera indépendante. Un son grave pourra être produit par une petite et une grande ouverture de la glotte. Ces conséquences de la théorie de Dodart étant contraires aux faits observés et admis par ce physiologiste, entraînent forcément le rejet de son opinion.

Nous ajouterons encore que la respiration serait impossible dans l'une ou l'autre théorie de cet auteur.

Pour les sons peu intenses et exigeant peu d'air, il faudrait régler la respiration et la retenir, tandis qu'on serait bientôt hors d'haleine pour les tons aigus et intenses ; le poumon serait seul le régulateur des sons et devrait nécessairement être lié par quelques conditions aux mouvements de la glotte, puisque les actions de l'un seraient solidaires des actions de l'autre.

Après avoir admis et confondu successivement tous les principes des théories possibles de la voix, Dodart, égaré dans un dédale de contradictions, avoue ainsi son impuissance de résoudre complétement le problème :

« Après tout ce qui a été dit, il resterait encore à rendre raison : 1° de la force de la voix humaine, qui semble être au-dessus de toutes proportions, comparée avec les dimensions de son canal et de son anche ; 2° de ses tons qui semblent n'être pas suffisamment expliqués par l'ouverture de la glotte et par les *vibrations de ses lèvres* (page 190). »

Ainsi presque tout reste à expliquer. Aussi Dodart ajoute-t-il dans une note page 292 : « Je reviens donc à dire, comme dans le mémoire, que la complication de l'ouverture de la glotte et du ressort des lèvres bandées peut rendre les tons indépendants et de la profondeur du canal et de la longueur des cordes ; car le seul brisement de l'air suffit pour le son, et l'air, mû de vitesse dans l'air, le peut briser suffisamment pour produire un son, et assez différemment pour produire les tons.

» Savoir comment tout cela fait une sensation, c'est moins une question qu'une espèce de mystère physique qu'on démontrera inconcevable en nature : cela me suffit. »

Enfin, et cela pourra paraître étrange, Dodart, après avoir examiné (page 291) la possibilité d'obtenir des sons graves avec des cordes très courtes, mais d'une certaine nature, revient à son instrument de prédilection, le châssis bruyant, et termine par la théorie des anches telle qu'elle est admise par J. Müller.

« Il est dit, dans le mémoire, que le châssis bruyant est ce qui ressemble le mieux à l'organe de la voix. Il faut donc que, dans l'instrument de la voix de l'homme, *les vibrations des lèvres de la glotte donnent le son*, comme l'anche le donne au corps du hautbois, et que les quantités et les vitesses de l'air mû à travers la glotte donnent les tons et dominent les frémissements de la glotte, comme les dimensions du hautbois dominent les frémissements de son anche et forment les tons de l'instrument. »

Théorie de Ferrein. — Cet auteur a résumé, en termes très précis, une théorie assez semblable à celle que Dodart adopte à la fin de son mémoire :

« J'ai cru trouver, dit Ferrein (1), dans les lèvres de la glotte des cordes capa-

(1) *De la formation de la voix de l'homme.* Dans *Mém. de l'Acad. des sc. de Paris*, p. 416, année 1741.

bles de trembler et de sonner comme celles d'une viole ; j'ai regardé l'air comme l'archet qui les met en jeu, l'effort de la poitrine et des poumons comme la main qui fait promener l'archet, et je me suis servi de ce principe pour expliquer la force de la voix, la diversité de ses tons, et beaucoup d'autres phénomènes dont la cause avait paru jusqu'à présent se dérober à nos connaissances. »

Frappé de la difficulté d'expliquer l'intensité de la voix humaine par les seules vibrations des lèvres de la glotte, Ferrein a cru compléter sa théorie en disant que l'organe vocal est *un instrument à corde et à vent.*

On ne peut voir qu'une subtilité dans cette définition de l'organe vocal, car Ferrein n'examine nulle part le rôle de l'air dans le renforcement des sons ; pour lui, la glotte est formée par des cordes qui vibrent par l'action de l'air expiré des poumons agissant, dans ce cas, comme un archet. Dans son travail, il s'occupe des sons que peuvent rendre les ligaments inférieurs de la glotte, soit lorsqu'ils conservent leur connexion avec les parties qui les environnent, soit lorsqu'ils sont libres dans toute leur longueur et ne tiennent plus au reste de l'organe que par leurs extrémités. Il ne parle ni des ligaments supérieurs de la glotte, ni des ventricules du larynx.

La grande erreur de Ferrein, avec laquelle tombe nécessairement sa théorie, consiste dans cette idée qu'une corde, ébranlée par l'air, produit des sons plus intenses et plus graves que si elle est ébranlée avec un archet. Ainsi nous signalerons cette contradiction singulière, que l'air agit mécaniquement comme un archet, mais qu'il doit néanmoins comme fluide élastique faire produire à la corde des sons autres et plus intenses qu'avec un simple archet. Ces idées ne sont pas soutenables. Quel que soit, en effet, le moyen mécanique mis en jeu pour ébranler une corde, celle-ci obéira toujours aux mêmes lois ; ce que Ferrein a parfaitement admis lorsqu'il ajoute (page 413) « que les différents tons sont produits par les tensions diverses que les cordes vocales, dépourvues d'une contraction musculaire, éprouvent de la part des cartilages du larynx. »

En admettant, avec Ferrein, que les cordes vocales ne sont pas contractiles, on arrive avec lui aux conséquences suivantes : l'ouverture de la glotte diminue quand la tension augmente, elle s'agrandit quand les cordes se détendent, et cette variation d'ouverture exige, pour les sons graves, beaucoup plus d'air et des efforts de poitrine plus énergiques que pour les sons aigus, ce qui n'a pas lieu dans la phonation.

L'insertion des cordes vocales sur les parois molles du larynx établit une grande différence entre l'organe vocal et l'appeau à ruban auquel Ferrein l'a comparé. Il est impossible, en effet, d'admettre que des cordes, collées sur des lames flexibles, vibrent comme si elles étaient libres. Enfin, l'espèce d'instrument artificiel que choisit ce physiologiste, pour imiter la voix, semble indiquer qu'il n'attachait aucune importance, ou au moins qu'une importance très secondaire, à la présence de deux paires de cordes vocales.

Il faut rejeter aussi, comme contraire aux faits, qu'une corde à égalité de tension doit produire des sons différents quand on change la vitesse du courant d'air, et que dans les cordes ordinaires on peut hausser le ton en pressant l'archet (page 419).

Ferrein a observé, dans des larynx de cadavres, que le son montait quelquefois quand on augmentait la vitesse de l'air. Cela est vrai, mais inexplicable dans sa théorie.

Nous rapporterons, en terminant, les observations de Biot à ce sujet (1) : « Qu'y a-t-il, dit ce célèbre physicien, dans la glotte qui ressemble à une corde vibrante? Où trouverait-on la place nécessaire pour donner à cette corde la longueur qu'exigent les sons les plus graves ? Comment pourrait-on jamais en tirer des sons d'un volume comparable à ceux que l'homme produit?.... Les plus simples notions d'acoustique suffisent pour faire rejeter cette étrange opinion. »

Quelle que fût, en effet, la nature des cordes ou bandes dont les dimensions n'excéderaient pas celles des cordes vocales, on ne parviendrait jamais, par aucun moyen mécanique, à obtenir des sons comparables, pour l'intensité et l'étendue, à ceux de la voix humaine.

Ferrein a fait beaucoup d'expériences sur des larynx de cadavres; mais plusieurs d'entre elles ont été contredites par d'autres observateurs, et quelques unes sont, d'après leur auteur lui-même, très incertaines.

On ne saurait attacher une grande importance à ces expériences plutôt physiques que physiologiques. Il est impossible de comparer les effets sonores obtenus à l'aide de larynx morts avec ceux qu'on peut observer sur l'animal vivant. Les fibres musculaires dépourvues d'élasticité et de contractilité agissent à la manière de membranes ou de cordes molles, tendues et allongées seulement par des moyens mécaniques, et les parois des tuyaux sonores privés de vie ne peuvent plus acquérir la tension qui convient aux sons qu'on veut produire. Il nous paraît impraticable de déterminer, à l'aide de pareilles expériences, le véritable mécanisme des parties nécessaires à la production des sons.

Théorie de J. Müller (2). — On ne trouve entre cette théorie et celle de Ferrein qu'une différence de mots. Le physiologiste allemand appelle *rubans vocaux* ce que Ferrein a nommé *cordes* après avoir aussi employé le nom de *rubans*. Prenant, avec sa signification absolue, la dénomination de *cordes vocales*, usitée par son prédécesseur pour désigner les replis inférieurs de la glotte, J. Müller préfère les désigner sous le nom d'*anche*, parce qu'elles ressemblent plus à des rubans qu'à des cordes. Nous n'avons compris ni cette subtilité, ni la différence qu'il prétend établir entre les vibrations des cordes et celles des lames membraneuses : quelle que soit la forme des lanières tendues, qu'elles soient cylindriques ou aplaties, elles vibreront toujours suivant les mêmes lois, et, entre les deux physiologistes précédents, c'est une question de mots. Pour tous les deux, la voix est produite uniquement par les vibrations des ligaments vocaux inférieurs (rubans vocaux, cordes vocales, anches membraneuses) mis en mouvement par le passage de l'air agissant mécaniquement et à la manière d'un archet.

J. Müller n'a rien ajouté à la théorie du physiologiste français.

C'est aussi ce que nous pensons de Malgaigne qui, sous le titre de *Nouvelle théorie de la voix humaine* (3), adopte la théorie de Ferrein en ajoutant seulement deux membranes, au lieu d'une, à l'appeau de polichinelle, auquel Ferrein avait assimilé l'organe vocal de l'homme.

(1) *Ouv. cit.*, t. I. p. 462, 2e édit.
(2) *Manuel de physiol.* Trad. de JOURDAN avec additions par LITTRÉ, t. II.
(3) Dans *Arch. génér. de méd.* 1834.

Théorie de Dutrochet (1). — Ce physiologiste admet, en la modifiant d'une manière peu heureuse, la théorie de Ferrein qui considérait les cordes vocales comme formées d'un tissu élastique, sans contractilité, et comme ne pouvant être distendues que par les actions purement mécaniques des cartilages du larynx.

Les objections très fondées que Dutrochet adresse à Ferrein l'ont conduit à la théorie suivante :

« L'organe vocal est un instrument vibrant non compliqué de tuyau.

» Les muscles thyro-aryténoïdiens, et non les membranes aponévrotiques qui les recouvrent, sont les parties vibrantes du larynx. Les aponévroses laryngées n'ont d'autre usage que de garantir les muscles qu'elles recouvrent des collisions trop fortes qu'ils auraient éprouvées s'ils eussent vibré l'un contre l'autre, dépourvus de cette enveloppe qui est passive et seulement entraînée dans les mouvements vibratoires des muscles qui constituent les replis de la glotte. »

Nous n'examinerons pas, avec Dutrochet, comment les cordes vocales s'allongent, se tendent ou modifient leur élasticité pour produire tous les tons de la voix ; car, malgré notre respect pour le mérite de ce savant, nous ne croyons pas devoir discuter de nouveau la théorie des cordes vocales, et encore moins les additions qu'il y a faites, parce qu'elles reposent sur le principe suivant qui est absolument faux :

Une corde élastique filée, c'est-à-dire entourée d'une autre substance, n'éprouve aucun changement dans les lois de ses vibrations de la part de cette substance, qui est seulement passive et entraînée dans les mouvements vibratoires de la corde. Ainsi, le cuivre qui entoure une corde à boyau, dans les cordes filées de nos instruments, ne ferait pas système avec cette corde et n'en changerait pas le ton pour une même tension. Toutes ces assertions sont erronées ; elles sont encore bien moins applicables quand il s'agit d'une corde fixée sur une membrane et non enveloppée par elle.

Liskovius (2) compare la voix humaine aux sons qui se produisent quand l'air est violemment poussé à travers une ouverture étroite, sans oscillation d'un corps solide de grandeur et de forme déterminées. La hauteur du ton dépend de la grandeur de l'ouverture et de la vitesse du vent. Le ton est d'autant plus élevé que l'ouverture est plus étroite et la pression du vent plus grande, et *vice versâ*. Le ton peut s'élever de plus d'une quinte par la force du vent. La cause des sons de la voix est dans le passage de l'air à travers la glotte. Les ventricules résonnent par communication. Pour la *voix de poitrine*, les cordes vocales sont relâchées ; elles sont tendues pour la *voix de fausset*.

On pourrait être tenté d'attribuer à Dodart, à son châssis bruyant, cette théorie de Liskovius : mais ce serait à tort, car l'auteur allemand regarde comme nulles ou sans influence les vibrations des bords de la glotte.

Dans un travail plus récent, Liskovius (3) considère l'organe vocal comme un instrument à anches, dans lequel les ventricules déterminent les tons en renforçant le son. Il admet la théorie ordinaire des anches et ne les croit pas capables

(1) *Mémoires pour servir à l'histoire anatomique et physiologique des végétaux et des animaux*, t. II, p. 540.
(2) *Dissert. physiol. sistens theoriam vocis*. Leipzig, 1814.
(3) *Physiol. des menschl. Stimme*, etc., p. 39. Leipzig, 1846.

de rendre par elles-mêmes les sons intenses de la voix. Suivant lui, tous les éléments des ventricules sont le siége des oscillations sonores primordiales et originelles.

Théorie de Savart (1). — F. Savart considère l'organe vocal, composé du larynx, de l'arrière-bouche et de la bouche, comme un tuyau conique dans lequel l'air est animé d'un mouvement analogue à celui qu'il affecte dans les tuyaux d'orgue. Ce tuyau, dit l'auteur, jouit de toutes les propriétés nécessaires pour que la masse d'air qu'il renferme soit susceptible, malgré son peu de volume, de rendre un assez grand nombre de sons, même fort graves; sa partie inférieure est formée par des parois élastiques qui peuvent affecter toute sorte de tensions, tandis que la bouche, en s'ouvrant plus ou moins, et en changeant par conséquent les dimensions de la colonne d'air, exerce aussi une influence notable sur le nombre des vibrations, conjointement avec les lèvres qui, en se rapprochant ou en s'écartant, transforment à volonté le tuyau vocal en un tuyau conique, tantôt ouvert, tantôt presque fermé.

La seule différence notable qu'il y ait, entre un tuyau à bouche membraneuse et le tuyau vocal, consiste dans le mode d'embouchure qui, pour ce dernier, est analogue à un appeau d'oiseleur à bords supérieurs rentrants. La glotte, ou fente formée par les ligaments inférieurs, joue le même rôle que la lumière dans les tuyaux d'orgue; le jet d'air qui en sort traverse l'intervalle qui existe entre les ventricules et va frapper contre les ligaments supérieurs qui, quoique arrondis, ne laissent pas de remplir la même fonction que le biseau dans les tuyaux d'orgue: alors l'air, qui est contenu dans les ventricules, entre en vibration et rend un son qui, s'il était isolé, serait sans doute assez faible, mais qui acquiert ensuite de l'intensité, parce que les ondes, qui partent de l'intervalle situé entre les ligaments supérieurs, se propagent dans le tuyau vocal placé au-dessus et y déterminent un mode de mouvement analogue à celui qui existe dans les tuyaux courts et en partie membraneux (2).

Pour que le son définitif, ainsi produit, réunisse toutes les qualités qu'on lui connaît, il faudra que la tension de la partie extensible des parois du tuyau vocal soit dans un rapport convenable avec celle des parois des ventricules, ainsi qu'avec celles des ligaments inférieurs et supérieurs, et que l'étendue des orifices à travers lesquels l'air s'échappe puisse aussi varier et s'approprier convenablement pour donner le meilleur résultat possible.

« D'après l'explication que nous venons de donner du mécanisme de la voix, continue Savart, il est clair que si l'on retranchait les parties supérieures du tuyau vocal, que si on le réduisait même aux seules ventricules, on ne diminuerait pas le nombre des sons que la voix peut parcourir; les plus graves deviendraient seulement plus faibles. Ceci explique comment on a pu faire de pareils retranchements sur des animaux vivants, sans qu'ils cessassent de faire entendre des sons. L'air contenu dans les ventricules, pouvant résonner indépendamment de celui qui est dans le tuyau vocal, il est très présumable que, même sans que ce tuyau ait subi aucune altération, certains sons peuvent être produits par les ventricules seuls, particulièrement ceux qui sont arrachés par la douleur et peut-être aussi ceux qu'on fait entendre lorsqu'on chante en fausset. »

(1) *Annales de physique et de chimie*, 2e série, t. XXX, p. 64.
(2) SAVART, *mém. cit.*

Savart assimile l'organe vocal *de l'homme* à un appeau d'oiseleur surmonté d'un tube renforçant. Le son est produit, comme dans les tuyaux, par le mouvement vibratoire que l'air acquiert en passant à travers la glotte, mouvement conservé ultérieurement par ce fluide, lorsque, se brisant contre les ligaments supérieurs qui agissent comme le biseau d'un tuyau d'orgue, il se divise en deux nappes : l'une intérieure, fait résonner l'air des ventricules ; l'autre extérieure, ébranle l'air du tuyau vocal situé au-dessus des ligaments supérieurs de la glotte.

La théorie de Savart renferme deux parties bien distinctes : la première est relative à la production du son dans le larynx ; la seconde concerne la forme de l'appareil renforçant ou tuyau sonore.

Dans la première partie, l'auteur avance que le son est produit dans le larynx au moyen d'un appareil semblable à un appeau, dont les bords supérieurs sont rentrants. Le son, comme on l'a vu plus haut, aurait pour cause, dans cet instrument, qu'il assimile à un tuyau d'orgue à flûte, le brisement de l'air contre les bords supérieurs, conformément à ce que nous avons dit en traitant des orgues.

Il paraît difficile d'admettre, avec Savart, deux théories différentes de l'appeau, appropriées à ses diverses formes. D'ailleurs, dans beaucoup d'animaux, les cordes vocales supérieures sont très rapprochées des inférieures sur lesquelles elles font même retrait ; en outre, pendant la phonation, la glotte inférieure étant, en général, beaucoup plus étroite que la glotte supérieure, il est peu probable que les lèvres de celle-ci puissent faire l'office de biseaux.

En admettant la théorie précédente, il resterait encore à expliquer la voix chez les animaux qui ont une glotte simple, et chez les oiseaux. Nous avons toute raison de croire que ces idées de Savart ne possèdent pas un caractère suffisant de généralité, et que la voix de l'homme n'est qu'un des phénomènes produits par une cause unique, jusqu'à présent indéterminée.

Dans la deuxième partie, Savart fait intervenir la bouche et l'arrière-bouche comme parties essentielles du tuyau vocal, comme causes de la hauteur des sons vocaux. Il sera démontré plus loin, par des faits, que ces éléments sont sans influence sur le ton.

Toutefois, nous ne saurions terminer l'exposé de la théorie de notre grand physicien, sans exprimer notre conviction qu'il a posé les vraies bases d'une bonne théorie de la voix, dans ses recherches sur l'écoulement des fluides ; et que, sans une mort prématurée, il en aurait dévoilé tous les secrets, en poursuivant ces derniers travaux qu'il a malheureusement laissés incomplets.

Aperçu général sur la voix de l'homme et des mammifères.

Nous avons discuté les principales théories qui ont été proposées pour expliquer la voix humaine ; nous en avons prouvé l'imperfection et souvent l'impossibilité.

Avant d'exposer nos propres idées sur la cause d'un phénomène aussi difficile à pénétrer que celui de la phonation, nous résumerons les faits physiques et physiologiques qui leur servent de base. S'il peut rester quelques doutes sur des détails très secondaires, nous espérons, en rectifiant et complétant les opinions de Savart, établir les véritables principes de la théorie de la voix chez les animaux supérieurs.

A. *Expériences et faits physiques.*

1° Lorsque l'air s'échappe par un orifice de forme, de grandeur et de nature quelconque, son écoulement est périodiquement variable et l'orifice est le siége d'un mouvement oscillatoire du fluide, et par suite de vibrations sonores.

Les sons ainsi produits sont peu intenses, parce que les vibrations communiquées à l'air extérieur, et propagées jusqu'à l'organe de l'ouïe, sont bientôt éteintes par la grande masse du fluide résonnant. Mais, en réglant convenablement la vitesse et la pression de l'air lorsqu'il traverse l'*orifice sonore*, on parvient à obtenir des sons intenses avec de très grandes ouvertures.

2° Si l'on ajuste un tuyau convenable sur un orifice sonore, le son est considérablement renforcé par la colonne d'air à laquelle le fluide qui s'écoule imprime son mouvement vibratoire. Le tuyau vibre à l'unisson du son produit à l'orifice, et peut, dans certains cas, faire entendre plusieurs harmoniques dont la série, grave ou aiguë, dépend de la grandeur de cet orifice et de la pression de l'air.

3° Un son, produit dans un tuyau, sort toujours le même pour une même pression et reste constant quand on augmente cette pression de l'air jusqu'à une certaine limite, après laquelle le son change ou disparaît. L'étendue des limites de pression, pour lesquelles un son reste constant, dépend de la hauteur de ce dernier.

L'intensité du son change seule entre ces pressions-limites, pour croître ou diminuer avec elles.

4° A une ouverture déterminée, correspond toujours un tuyau, de diamètre et de longueur convenables, qui ne peut donner qu'un seul son entre des limites de pression très étendues, au delà desquelles il ne vibre plus.

5° Tout changement, même très peu important en apparence, comme la courbure de la plaque, une légère altération dans l'orifice, une asymétrie des bords relativement à un diamètre donné, modifie toutes les conditions de l'ébranlement sonore. Ainsi sont changées les pressions nécessaires pour faire parler les tuyaux, qui ne donnent plus les mêmes séries d'harmoniques qu'auparavant; pour obtenir un son unique, il faut d'autres tuyaux, les premiers ne pouvant plus entrer en vibration.

6° Les sons peuvent être engendrés à l'orifice et faire résonner les tuyaux par aspiration ou par insufflation.

7° Les pressions, pour obtenir de très beaux sons dans des tuyaux au moyen de l'écoulement de l'air, sont toujours très faibles. Dans les expériences de A. Masson, avec des orifices de 2 à 7 millimètres de diamètre sur 3 à 5 millimètres d'épaisseur, un manomètre à colonne d'eau a varié seulement depuis une fraction de millimètre jusqu'à un décimètre pour des sons compris dans une étendue de neuf octaves.

8° Les tuyaux à parois membraneuses fournissent des sons beaucoup plus graves que des tuyaux de même dimension à parois rigides; et, en faisant varier convenablement la tension des membranes qui renferment la colonne d'air vibrante, on peut, son volume restant le même, déterminer de très grands changements dans la hauteur des sons dont l'acuité augmente avec la résistance des parois. Ainsi, Savart a pu augmenter indéfiniment la gravité des sons de tuyaux de papier rendu humide par de la vapeur d'eau (1).

(1) *Mém. cit.*, p. 74.

On obtient de nouveaux changements dans le ton d'une colonne d'air en la fermant partiellement.

9° Si l'on prend un appeau d'oiseleur muni d'un porte-vent, on pourra en tirer plusieurs sons; mais le son correspondant à la caisse de l'appeau sera toujours le plus pur et le plus intense. En ajoutant un tuyau à l'appeau, on arrivera, si l'on varie la vitesse du courant d'air, à entendre le son de l'appeau seul, ou les harmoniques du tuyau ajouté, ou enfin le même son pour l'appeau et le tuyau, lorsque les dimensions des deux instruments seront convenablement choisies: dans ce cas, le son produit à l'orifice de l'appeau subira le plus grand renforcement possible.

Il est important de noter que les plus légères modifications dans la forme des tuyaux, la rigidité de leur enveloppe, la grandeur des orifices d'entrée et de sortie de l'air dans l'appeau, exercent une grande influence sur l'écoulement du gaz et ses vibrations.

Quand on place un appeau dans la bouche, on réussit à produire, par inspiration ou expiration, une série de sons très purs. Dans ce cas, c'est la cavité buccale qui s'accommode au son de l'instrument, de la même manière que dans le sifflement oral. Si l'on pouvait aussi faire varier les éléments de l'appeau, c'est-à-dire son volume, la tension de ses parois, ses orifices, on obtiendrait une série de sons beaucoup plus étendus et plus diatoniques. Dans le cas actuel, on ne peut avoir qu'une suite de sons déterminés, mais non continus, c'est-à-dire montant, comme dans la sirène, sans aucune transition.

B. *Expériences et faits physiologiques.*

La plupart des physiologistes qui se sont occupés de la voix ont expérimenté sur les larynx de cadavres. Nous avons répété leurs expériences et nous sommes restés convaincus qu'elles ne sont guère propres à éclairer le mécanisme de la phonation. Les phénomènes purement physiques qu'on observe alors n'ont que des rapports assez éloignés avec les actions qui se passent durant la vie. Les muscles, dans les larynx de cadavres, ne sont plus susceptibles de contraction, et les tensions qu'on développe artificiellement dans les diverses parties de l'organe vocal ne sauraient être comparées aux effets des actions musculaires qui accroissent l'élasticité des tissus en même temps que leur tension et leur densité.

Malgré leurs quelques imperfections, les expériences sur des animaux vivants sont encore ici le meilleur guide dans la recherche des faits.

Nous avons examiné des larynx de chiens et de chats vivants dans les deux conditions suivantes : 1° Les mâchoires étant largement écartées, la langue a été en partie attirée hors de la bouche au moyen d'une forte pince érigne, de manière à élever le larynx assez haut pour qu'il devînt facile d'observer le jeu de la glotte et des parties voisines. 2° A l'aide d'incisions convenables, pratiquées sur la membrane thyro-hyoïdienne, l'épiglotte a été saisie avec une érigne et le larynx lui-même ramené en avant (sans lésion préalable des nerfs laryngés), de manière à mettre la glotte en évidence.

I. Parmi les divers organes qui livrent passage à l'air expiré, le larynx est le seul spécialement destiné à la production de la voix.

En effet, chacun sait que, une ouverture étant faite à la trachée ou à la membrane crico-thyroïdienne, la voix se perd aussitôt, puis se reproduit dès qu'on oblitère cette ouverture; tandis qu'une incision, quelque étendue qu'elle soit, pratiquée entre l'os hyoïde et le cartilage thyroïde, n'entraîne point l'aphonie.

Mais le larynx étant un organe complexe, composé de la glotte que limitent les cordes vocales proprement dites, des ventricules, des cordes vocales supérieures, et du tuyau laryngien sus-glottique limité supérieurement par l'épiglotte, il ne suffit pas de dire qu'il est le seul organe producteur de la voix, il faut encore déterminer le rôle de chacune de ses parties constituantes; aussi, ultérieurement, nous livrerons-nous à cette étude tout expérimentale.

En ce moment, fixons d'abord notre attention sur les usages accessoires de divers appareils ou tuyaux sur-ajoutés à l'organe principal :

La trachée ne remplit pas d'autre usage que celui de porte-vent.

La bouche et l'arrière-bouche ne sont pas nécessaires à la production de la voix, comme l'ont cru quelques physiologistes. Les colonnes d'air que ces cavités renferment peuvent renforcer le son, mais n'ont aucune influence sur le *ton*.

Il en est de même des fosses nasales : le son n'éprouve, en effet, aucun changement quand on se bouche le nez pendant son émission.

Lorsqu'on ferme la bouche totalement ou partiellement, le son perd en intensité, mais il ne change pas de hauteur. On peut parfaitement chanter plusieurs gammes en conservant la bouche constamment ouverte, ce à quoi s'exercent plusieurs chanteurs : le son acquiert alors plus d'intensité, mais ne varie pas.

Ainsi, pendant la phonation, l'air peut s'échapper par le nez ou par la bouche, ou par ces deux conduits à la fois, sans que ces différences influent autrement que sur l'intensité et le timbre du son. Le volume d'air qu'ils contiennent agit, comme la caisse des instruments de musique, pour renforcer le son, conformément à ce principe que tout corps mis en communication avec un corps sonore entre en vibration et renforce le son sans changer le ton. Il faut pourtant excepter le cas dans lequel le corps impressionné pourrait rendre le même son ou un harmonique du corps sonore : dans ce cas, le renforcement serait le plus grand possible, et il pourrait y avoir réaction entre les deux corps et par suite modification dans le ton, s'ils n'étaient pas parfaitement d'accord.

Nous répéterons, avec Dutrochet (1), « si les changements de diamètre et de configuration des diverses parties de la bouche, si l'ouverture plus ou moins grande des lèvres pouvaient changer les tons, le chant articulé serait extrêmement difficile et peut-être impossible. On ne pourrait, en effet, faire coïncider un ton déterminé avec la prononciation de toutes les voyelles sans changer la position du larynx; car on sait que les modifications de la voix, que nous nommons *voyelles*, dépendent des divers changements de figure et de grandeur de la cavité de la bouche et de son ouverture extérieure. On peut s'assurer que le larynx donne constamment le même ton sans changer de place, quelles que soient la configuration de la bouche et l'ouverture des lèvres. »

La bouche, l'arrière-bouche et les fosses nasales n'étant pas essentielles à la phonation, il reste à examiner quelles sont les parties du larynx nécessaires à la production de la voix et quel est leur mode d'action.

II. Pendant la phonation, comme nous l'a démontré l'inspection directe des larynx de chiens et de chats vivants, les orifices des *deux glottes* (2) prennent,

(1) *Ouv.* et *l. cit.*, p. 538.

(2) Déjà, plus haut, le lecteur a pu remarquer que nous distinguons *une glotte supérieure* ou fente limitée par les deux cordes vocales supérieures, et *une glotte inferieure* ou autre fente circonscrite spécialement par les deux cordes vocales inférieures.

par la tension des cordes vocales supérieures et inférieures, la forme d'une fente un peu elliptique. La glotte supérieure est plus ouverte que l'inférieure dans le chien ; elle est réduite, au contraire, à une simple fente dans le chat. Les lèvres des deux glottes, fortement tendues, vibrent pendant l'émission de la voix. Nous avons constaté ces faits à plusieurs reprises, en écartant largement les mâchoires des animaux mis en expérience et en élevant leur larynx le plus possible, à l'aide d'une traction de la langue.

Quand, par un autre procédé indiqué plus haut, le larynx d'un chien a été renversé au-devant du col, on constate que le son n'éprouve qu'une diminution d'intensité, et que les cordes vocales supérieures sont plus rapprochées qu'à l'état normal, c'est-à-dire que sur un larynx vu en place.

Les parois des ventricules et celles du tuyau laryngien sus-glottique sont fortement tendues pendant les cris que poussent les animaux.

Pour reconnaître si toutes les parties qui constituent le larynx sont ou non essentielles à la phonation, nous avons dû procéder par voie d'analyse expérimentale sur chacune d'elles.

1° *Épiglotte* (1).

Haller (2) refuse à l'épiglotte toute influence sur la phonation : « *Epiglottis*, dit-il, *equidem nihil facit ad vocem*, *et absque epiglottide aves suavissime canunt... Neque vicissim credo ad vocem harmonicam* (3), *aut sonorum diversitatem facere* (4). *Noluimus tamen hanc a larynge historiam separare*, etc. » Puis il fait remarquer que Galien (5) n'a pas même rangé l'épiglotte au nombre des parties qui constituent l'appareil vocal. Au contraire, dans ces derniers temps, on a affirmé (6) qu'en raison de sa forme, de sa position, de son élasticité et de ses mouvements, ce fibro-cartilage appartenait essentiellement à cet appareil. L'expérience ayant démontré que si, dans un instrument à vent, à l'aide d'un courant d'air plus rapide, on rend le son plus fort, le ton s'élève un peu, Grenié imagina, pour obvier à ce dernier inconvénient, c'est-à-dire pour enfler un son sans que le ton soit modifié, de placer dans le tuyau, au-dessus de l'anche, une languette souple et vibratile, dont l'inclinaison, proportionnelle à la violence du courant d'air, modère l'élévation du ton à mesure que le son acquiert plus d'intensité : or, Biot et Magendie (*ouv. cit.*), assimilant cette languette à l'épiglotte, ont pensé que la présence de celle-là permet à la voix humaine d'enfler un son, depuis la vibration la plus courte jusqu'à la plus étendue, sans que le ton éprouve le moindre changement. J. Müller (7) combat cette hypothèse, et affirme que les expériences lui ont appris que l'épiglotte n'empêche point le ton de s'élever, quand le souffle devient plus fort : celles que j'ai exécutées sur plusieurs chiens, tout en démontrant que l'ablation totale de l'épiglotte ne modifie pas leur voix d'une manière essentielle, confirment cette dernière opinion. Il m'est

(1) Consultez mon mémoire intitulé : *Rech. expérim. sur les fonctions de l'épiglotte et sur les agents de l'occlusion de la glotte, dans la déglutition, le vomissement et la rumination.* Dans *Arch. de méd.* Paris, 1841.

(2) *Elementa Physiol. corp. hum.*, t. III, p. 372.

(3) TAUVRY, p. 368.

(4) SANTORINI, p. 107.

(5) *De vocal. instrum. dissect.*, C. 4.

(6) *Élém. de physiol.*, 1836, t. 1, p. 308. par MAGENDIE.

(7) *Manuel de physiol.*, trad. de Jourdan, t. II, art. VOIX.

souvent arrivé, tout en évitant la lésion des nerfs laryngés inférieurs, de détacher partiellement et de renverser en avant le larynx de ces animaux ; alors il m'était toujours facile de rendre plus ou moins rapide le courant d'air expiré, en leur faisant endurer une douleur plus ou moins intense, et, dans tous ces cas, que l'épiglotte intacte fût abaissée *à divers degrés* sur l'orifice laryngien, ou qu'elle fût excisée, j'ai toujours constaté l'exactitude de l'assertion du professeur de Berlin. Prenez, sur l'animal mort, un larynx muni d'épiglotte, et, tendant les cordes vocales, poussez de l'air avec force dans la trachée ; le son que vous obtiendrez alors ne différera pas, d'une manière appréciable, de celui qui se fera entendre après l'excision de cet opercule, si toutefois les autres conditions de l'expérience demeurent les mêmes.

Ces faits négatifs, établis par l'expérimentation et favorables au sentiment de Haller, ne nous paraissent pas de nature à être contredits par l'observation d'individus qui, ayant eu l'épiglotte détruite par une maladie ou enlevée accidentellement, ont consécutivement présenté un trouble notable dans les phénomènes vocaux, attendu que, dans ces cas, l'altération pathologique semble toujours avoir envahi l'instrument véritable de la phonation ou ceux de la prononciation.

L'épiglotte nous a paru servir, dans quelques cas et surtout dans la production de sons très aigus, à compléter l'occlusion de l'isthme du gosier, et concourir ainsi à l'expulsion de l'air par les fosses nasales. Participant d'ailleurs au mouvement vibratoire de ce fluide, elle peut contribuer au *timbre* de la voix.

2° *Cordes vocales supérieures.*

Les cordes vocales supérieures ne sont pas nécessaires à la phonation. En effet, sans léser les ventricules, nous avons pu inciser ces prétendues cordes sur des larynx restés en place ou bien renversés au-devant du col des animaux, et les sons rendus n'ont pas été sensiblement modifiés. Les chiens et *les chats* ont continué à pousser des cris très aigus, cris dont on pouvait encore singulièrement accroître l'acuité, en faisant basculer le cartilage cricoïde sur le thyroïde, pour augmenter ainsi la tension des parois ventriculaires, celle des cordes vocales proprement dites, et diminuer l'ouverture de la glotte inférieure.

3° *Ventricules du larynx.*

Les ventricules, d'après nos expériences propres, sont indispensables à la phonation complète. Réunis au tuyau laryngien sus-glottique, ils forment l'appareil renforçant essentiel, celui sans lequel la voix ne saurait se produire intégralement.

Sur des larynx de chiens vivants, après avoir successivement retranché l'épiglotte, les cordes vocales supérieures et les ventricules, de manière à ne laisser que les cordes vocales inférieures, sans doute nous avons encore obtenu des sons, comme d'autres physiologistes l'avaient déjà remarqué. Mais cela suffit-il pour admettre, avec eux, que les cordes vocales inférieures constituent, à *elles seules* et essentiellement, l'organe vocal, en vibrant à la manière des anches membraneuses ?

Si l'on examine, avec attention, les phénomènes qui accompagnent, dans ce cas, la production d'un son, on remarque diverses particularités : d'abord les cordes vocales sont au contact, ce qui n'a pas lieu dans la voix naturelle ; puis c'est par des efforts considérables de l'animal que l'air, écartant les cordes vocales fortement

tendues, s'échappe en produisant un son laryngien particulier qui n'a plus de ressemblance avec la voix, et qu'on peut comparer au son des anches membraneuses sans porte-vent ou tuyau additionnel, ou bien encore à celui de l'orifice anal : dans les deux cas, c'est une simple explosion de gaz, et non pas un son continu et musical.

En mesurant la pression exercée à la sortie du gaz, nous avons trouvé 18 à 20 centimètres de mercure.

Cette pression est évidemment hors de toute proportion avec celle qu'exigent les sons de la voix dans des chiens de petite taille, comme étaient ceux de ces animaux qui ont servi à nos expériences. Il résulte, en effet, des expériences de Cagniard-Latour (1), qu'une personne, observée par lui, exerçait des pressions de 7 centimètres de mercure quand elle prononçait son propre nom à haute voix, comme lorsqu'on appelle quelqu'un; de 5 à 6 centimètres de mercure pendant qu'elle riait modérément; de 18 à 20 centimètres lorsqu'elle se mouchait avec force; de 23 centimètres quand elle toussait fortement, et de 24 lorsqu'elle éternuait.

Des expériences, faites avec un manomètre à eau, ont donné au même physicien une pression représentée par une colonne d'eau de 3 centimètres pendant l'expiration, et, en sens contraire, de 2 pendant l'inspiration. Pendant le chant, dans un ton médium, on en a trouvé 16. Lorsque le chant, sans être plus intense, est devenu plus aigu, le manomètre est monté à 20 pour descendre à 6 quand le sujet sifflait, avec la bouche, un *ut* de 1,024 vibrations simples par seconde. La personne ayant compté depuis un jusqu'à vingt pendant une seule expiration de cinq secondes, la pression a été comprise entre 12 et 13 centimètres d'eau.

Sur un autre sujet, Cagniard-Latour a observé qu'en moyenne la phonation exigeait une pression d'air représentée par une colonne d'eau de 16 pouces.

Il résulte de ces expériences intéressantes et de celles qui les précèdent, qu'on ne saurait regarder comme *naturels*, les sons produits par la glotte inférieure seule; c'est-à-dire privée de ses ventricules.

Il est, d'ailleurs, une circonstance qui rend la voix, proprement dite, à peu près impossible lorsqu'on a supprimé les ventricules, et, jusqu'à présent, aucun physiologiste ne nous semble en avoir fait la remarque; nous voulons parler de l'action de la glotte inter-aryténoïdienne, dont l'ouverture, alors béante, laisse échapper nécessairement une très grande quantité d'air, ce qui augmente encore les efforts que l'animal doit faire pour vaincre l'élasticité de ces cordes.

4° *Cordes vocales inférieures et glotte proprement dite.*

La glotte vocale ou inférieure est absolument indispensable pour produire les sons de la voix; car toute lésion qui annule ses fonctions rend l'animal aphone.

Ayant mis à découvert le larynx de divers chiens, et, sans léser les cordes vocales supérieures ni les ventricules, nous avons entamé superficiellement l'une des cordes vocales inférieures : la voix a été réduite à une espèce de râle. Toute apparence de son a disparu après la lésion des deux cordes vocales inférieures.

Ainsi l'intégrité de la glotte vocale ou inférieure est tout à fait indispensable à la voix; mais sa seule intervention, comme on l'a vu plus haut, *n'est pas suffisante.*

Afin de confirmer cette dernière observation, nous avons disposé une expérience qui offre quelque intérêt :

(1) Dans le *Journal de l'Institut*, n° 228, janvier 1838.

Après avoir réduit le larynx d'un chien à la glotte inférieure seulement, nous avons pris des tuyaux de verre ou de caoutchouc vulcanisé, ayant environ le diamètre du larynx et pouvant donner, comme sons fondamentaux, à peu près la série des sons de la voix du chien. Un de ces tubes étant disposé sur la glotte, celle-ci s'est un peu entr'ouverte, et les sons ont acquis, à l'instant même et sous des pressions obtenues sans effort par l'animal, tous les caractères principaux des sons de la voix naturelle. En employant des tubes plus grands, nous avons eu, non plus le son fondamental, mais des harmoniques, de la même manière qu'avec un orifice de nature et de forme différentes de l'orifice de la glotte.

D'après nos recherches, dans les animaux à double glotte, les cordes vocales inférieures et les ventricules sont donc nécessaires à la phonation. Avec le tuyau laryngien sus-glottique, ces ventricules forment un appareil résonnant, analogue au tube laryngien des animaux à glotte simple. Il y a donc, dans ces deux classes d'animaux, les mêmes éléments vocaux, c'est-à-dire une glotte qui est l'origine des sons et un appareil renforçant, dont la différence de forme ne saurait constituer une différence essentielle dans la cause des phénomènes vocaux.

Les cordes vocales supérieures doivent être considérées uniquement comme un moyen de perfectionnement en rapport avec la variation et la modulation des sons.

5° *Espace inter-aryténoïdien.*

L'espace inter-aryténoïdien représente une ouverture circulaire qui joue un rôle utile pendant l'émission des sons, quoique lui-même ne soit jamais le siége d'aucune vibration sonore.

Pendant qu'un chien fait entendre des sons vocaux, on voit l'espace inter-aryténoïdien se resserrer ou s'ouvrir, en même temps que le son éprouve des modifications dans le ton ou l'intensité. Si alors on le ferme avec un petit cône en bois on ne suscite aucun empêchement aux cris de l'animal. Celui-ci devient aphone au contraire, si l'on oblitère les ventricules, bien que la respiration continue, l'ouverture inter-aryténoïdienne devenant le plus grande possible. Cette dernière disposition si importante, et sans laquelle on ne pourrait concilier les phénomènes de la voix avec une respiration normale, joue évidemment le même rôle dans tous les mammifères à glotte simple ou double.

Théorie de la voix des mammifères à glotte double (1).

Pendant la phonation, les aryténoïdes se rapprochent de manière à diviser le larynx en deux canaux : l'un antérieur, l'appareil vocal; l'autre postérieur, destiné à la respiration, ou pour mieux dire servant à la régler pendant le cri ou le chant. Ce dernier est terminé, à sa partie supérieure, par la glotte inter-aryténoïdienne, dont l'ouverture variable détermine la pression de l'air à sa sortie de la glotte vocale.

La voix, dans les animaux à double glotte, est originairement produite par l'écoulement périodique de l'air à travers la glotte inférieure ou vocale qui est le siége principal des vibrations sonores. Communiquées à l'appareil renforçant, composé des ventricules et du tuyau laryngien sus-glottique, ces vibrations le font résonner et produisent la voix.

L'ouverture de la glotte est toujours proportionnée au ton de l'appareil renfo-

(1) Nous avons défini plus haut, p. 176, la glotte *supérieure* et la glotte *inférieure*.

cant qui peut changer avec la rigidité des parois du larynx entièrement musculaires et aussi avec ses dimensions.

Le mouvement vibratoire de l'air, à sa sortie de la glotte, est toujours à l'unisson du son du tuyau laryngien, qui ne peut produire qu'un seul son dans les limites de pression possibles pour les animaux.

La hauteur des sons, gravité ou acuité, dépend de la pression de l'air à sa sortie, cette pression restant, pour chaque son, comprise entre certaines limites.

L'intensité des sons de la voix dépend de la variation de pression que l'air peut éprouver sans que le ton change, et croît quand on passe de la limite inférieure pour laquelle le son se manifeste à la limite supérieure pour laquelle il cesse.

La glotte supérieure, celle qui est limitée par les deux cordes vocales supérieures, partage l'appareil renforçant en deux cavités qui doivent toujours être à l'unisson dans la voix de poitrine. C'est par des variations de forme et d'ouverture qu'elle accommode le ton de la cavité ventriculaire au son de l'orifice sonore ou de la glotte inférieure. Du reste, elle diffère essentiellement de cette dernière en ce que ses bords sont formés, non plus de muscles contractiles, mais de cordons fibreux dont la tension est mécaniquement produite par les différents cartilages du larynx. Aussi devons-nous faire observer qu'elles sont soumises à l'action des extrémités supérieures des aryténoïdes qui agissent plus puissamment que les parties inférieures sur lesquelles s'insèrent les cordes vocales proprement dites.

Il existe une grande analogie entre les organes vocaux des mammifères et l'appareil du sifflement oral chez l'homme, entre la glotte vocale et la glotte labiale. En variant les détails, la nature n'a pas changé les moyens : et les sons, dans tous ces instruments naturels, dépendent d'une même cause.

Prenant en considération les principes physiques qui ont été développés précédemment, on pourra comparer, avec Savart, l'organe vocal de l'homme à un appeau surmonté d'un tube, et, avec G. Cuvier, à une embouchure de trompette, qui n'est qu'un appeau, muni d'une ouverture membraneuse analogue à la glotte, avec tube additionnel.

Les expériences que nous avons faites sur les larynx d'animaux vivants nous ont forcément amenés, comme on l'a vu plus haut, à cette conséquence que la glotte inférieure et les ventricules ou tout autre tuyau sonore sont essentiels à la production de la voix. Il nous reste à prouver maintenant, que, en négligeant un de ces éléments, la voix est impossible quelque théorie qu'on adopte.

Les cordes de nos instruments de musique ne résonnent pas d'une manière sensible sans un appareil de renforcement, et les cordes métalliques elles-mêmes n'ont aucune sonorité sans un tuyau renforçant. Ainsi, même avec les théories des cordes vocales ou des anches, les ventricules ou tout autre tuyau sonore deviennent d'une nécessité absolue pour donner à la voix une intensité suffisante.

En supprimant les ventricules, Dodart n'a jamais pu expliquer la voix par l'écoulement seul de l'air, et nous serions dans le même cas si nous n'avions pas constaté l'usage et la nécessité d'une colonne d'air placée sur l'orifice d'écoulement.

En effet, si la glotte existait seule, le son devrait monter d'une manière continue avec la pression comme dans une sirène, et l'on ne pourrait pas faire varier son intensité, en laissant constante l'ouverture de la glotte. Il faudrait admettre alors

que, pour varier l'intensité d'un son, la glotte change de diamètre sans modifier le ton, ce qui est contraire aux faits et absolument impossible, puisque cela exigerait que, pour un même son aigu, la glotte fût étroite et les cordes tendues par conséquent, si le son était faible, et qu'elle fût large avec relâchement de ses bords, si le son était intense. Cette difficulté a été l'écueil de Dodart.

Ainsi, suivant nous, pas de théorie possible de la voix sans les ventricules ou bien tout autre appareil de renforcement placé au-dessus de l'orifice d'écoulement.

En plaçant, au contraire, sur l'ouverture glottique un tuyau renforçant dont le ton peut changer indéfiniment par les variations de volume et la tension des parois, toutes les difficultés disparaissent, et le mécanisme de la voix trouve son explication naturelle dans nos expériences.

En effet, à une tonalité du tuyau correspond toujours une ouverture de glotte qui, pour des pressions comprises entre deux limites assez rapprochées, ne peut produire qu'un seul son. Ces variations de pression, pour un même son, sont réglées par la glotte inter-aryténoïdienne qui s'ouvre ou se ferme pour une intensité de son plus grande ou plus petite.

En ne considérant que la pression moyenne dans les séries de pression qui appartiennent à un même ton, nous dirons qu'elle est d'autant plus grande que le son est plus aigu.

La constance d'un son, pour des pressions différentes, dépend d'une réaction exercée par le tuyau sonore sur les vibrations produites à l'orifice. Ce principe, parfaitement conforme aux expériences physiques, explique l'intensité variable des différents tons de la voix, phénomène inexplicable sans les ventricules.

La glotte inter-aryténoïdienne est un élément important dans la phonation, et pourtant aucun auteur ne paraît s'en être occupé. Son rôle est manifeste : les changements qu'elle est susceptible d'éprouver dans ses dimensions règlent la pression de l'air à sa sortie par la glotte vocale, et rendent la respiration normale. Elle donne écoulement à l'air en excès sur celui qui est nécessaire à la voix.

L'observation a mis hors de doute que la glotte est beaucoup plus ouverte pour les sons graves que pour les sons aigus. Nous trouvons, dans ce fait, une nouvelle preuve de la prévoyance de la nature. Les sons graves, produits par une faible pression, n'auraient pas d'intensité si l'on n'augmentait pas la masse d'air qui s'écoule, de manière à rendre à peu près constante la force vive du fluide pour les sons graves et les sons aigus.

Dans la nouvelle théorie de la voix que nous avons exposée, nous avons voulu démontrer et expliquer le rôle essentiel de la glotte inférieure et des ventricules dans la production des sons; la nécessité du concours de la glotte inter-aryténoïdienne pendant l'acte de la phonation; et, dans nos recherches, nous sommes restés fidèles à ce principe, que la nature varie peu ses moyens d'action, et que rien n'est inutile dans ses créations.

On pourrait faire à cette théorie plusieurs objections; nous en avons prévu deux principales auxquelles nous croyons devoir répondre :

a. — Comment un tuyau aussi petit que le larynx peut-il produire les sons intenses de la voix humaine?

Nous avons fait voir, en traitant du *sifflement oral*, que des volumes d'air très petits pouvaient, sous des pressions qui ne dépassent pas les efforts humains, être

la cause de sons bien plus intenses que ceux de la voix : on pourrait citer des sifflets artificiels, des appeaux dont la puissance surpasse encore celle de nos organes vocaux. Ainsi cette première objection n'est pas fondée. Quant à la gravité des sons vocaux, elle trouve son explication dans la nature membraneuse des parois du tuyau sonore.

b. — Comment une légère altération, une incision des cordes vocales inférieures, qui n'atteint même pas les muscles thyro-aryténoïdiens, peut-elle rendre un animal aphone?

Cette objection, applicable à toutes les théories, et principalement à la théorie des cordes et à celle des anches, qui n'exigent pas nécessairement deux paires de cordes ou d'anches pour produire des sons, ne résiste pas, dans nos principes, à une discussion sérieuse.

En parlant des expériences physiques, nous avons dit que toute altération, même légère, dans la forme des plaques ou les bords de l'ouverture, modifiait, sans détruire absolument le son, les éléments nécessaires à sa production. Ainsi la forme de la veine fluide, les rapports entre les dimensions de l'orifice et du tuyau sonore sont changés, et, pour un même tuyau, le même son devient impossible après l'altération. Il faut changer avec l'ouverture sonore les conditions de la colonne renforçante, et accommoder sa tonalité avec la forme et les dimensions de l'orifice. On parviendrait, sans doute, et nous pourrions en citer des exemples, à régler avec de l'habitude les nouvelles conditions sonores, à produire des sons, et, pour des animaux sur lesquels on altère très légèrement la glotte, l'aphonie est relative et non absolue. Habitués à disposer leurs organes pour certains sons, ils cessent de s'en servir quand on change chez eux les conditions d'habitude. Mais, chez l'homme, l'intelligence peut indiquer l'espèce de lésion, et l'individu peut parfois y remédier : c'est ce qui arrive dans certains cas où le larynx a été altéré par des opérations chirurgicales, comme dans la trachéotomie.

Voix de poitrine et voix de fausset ou de tête.

Les animaux dont le larynx est pourvu de deux glottes, et par conséquent de ventricules, ont deux registres de sons qu'on a appelés *sons de poitrine* et *sons de fausset* ou *de tête*. Les premiers formant une série plus grave que les seconds, un chanteur peut faire entendre des sons aigus de poitrine ayant le même ton que les sons graves du fausset, de telle sorte que les deux registres enjambent l'un sur l'autre.

Après avoir discuté les principales théories qui ont été proposées pour expliquer la voix de fausset, nous dirons notre sentiment à cet égard et nous nous occuperons en même temps de la voix de poitrine.

1° G. Weber pense que les sons de fausset sont des harmoniques des cordes vocales, subdivisés par des lignes nodales transversales.

Dans cette hypothèse, l'intensité des sons de fausset serait encore plus inexplicable que celle des sons de poitrine. On sait d'ailleurs que, pour les sons aigus, les lèvres de la glotte se rapprochent et se touchent près de leurs extrémités, dans une assez grande portion de leur étendue, de manière à former une ouverture très étroite. Il paraît impossible alors que la partie libre, déjà très petite, se divise encore en plusieurs parties douées des vibrations énergiques de la voix de tête.

Assurément c'est abuser de la comparaison que de faire fonctionner les cordes vocales comme des cordes de violon.

2° Avec Lehfeldt, J. Müller invoque, pour expliquer la voix de fausset, un phénomène qui n'existe pas en physique : considérant les lèvres de la glotte comme des rubans sonores, il suppose qu'une partie seulement de l'épaisseur de ces rubans entre alors en vibration. « Lorsque les cordes vocales, dit J. Müller, ont un si faible degré de tension ou de détente qu'on parvient à leur faire produire des sons de poitrine ou de fausset, on peut se convaincre que ces derniers ne sont pas des sons flûtés, comme ceux auxquels donnent lieu les vibrations des parties aliquotes de la longueur d'une corde. Dans les deux cas, pendant les sons aigus du fausset et les sons graves de la voix de poitrine, les cordes vocales peuvent vibrer de toute leur longueur ; on le constate par le témoignage de ses yeux. La différence essentielle des deux registres consiste en ce que *les bords des cordes vocales vibrent seuls dans les sons de fausset*, tandis que, dans ceux de poitrine, les cordes entières exécutent des vibrations vites et à grande excursion (1). »

Tous les phénomènes connus, concernant les mouvements vibratoires des solides, nous obligent à rejeter une théorie qui repose sur cette hypothèse erronée que, quand un ruban fixé à ses deux extrémités est le siége de vibrations transversales, la moitié, le quart ou une partie quelconque du ruban, en largeur, peut vibrer isolément, sans entraîner le reste dans ses vibrations.

Faire vibrer les bords des cordes vocales pour le fausset, avec J. Müller, et leur centre pour la voix de poitrine, avec Dutrochet, constitue une théorie qu'aucune expérience ne saurait justifier. Il eût été plus rationnel d'admettre des vibrations tournantes, c'est-à-dire des vibrations transversales avec une ligne nodale longitudinale, donnant des subdivisions harmoniques sur la largeur, au lieu de les avoir sur la longueur, comme dans l'opinion de G. Weber. Mais la conformation des rubans vocaux, et leur contact aux extrémités, s'opposeraient encore ici à la subdivision harmonique.

3° Hâtons-nous d'arriver à une autre théorie plus séduisante, appuyée sur l'expérimentation directe, et, par conséquent, digne d'un mûr examen ; nous voulons parler de la théorie de Segond, physiologiste distingué, possédant des connaissances musicales fort étendues qu'il a d'ailleurs si bien utilisées dans ses nombreux et intéressants mémoires sur la voix (2).

Segond admet, dans le larynx, deux instruments distincts et correspondants aux deux glottes : l'un, pour la voix de poitrine, formé des cordes vocales inférieures ; l'autre, pour la voix de fausset, constitué par les cordes vocales supérieures.

Voici les principaux faits qui ont amené cet expérimentateur à établir la précédente distinction :

Sur des chats (3), les cordes vocales inférieures ayant été divisées, il survint une aphonie complète qui cessa au bout de quelques jours : le miaulement, avec la

(1) *Loc. cit.*

(2) *Mém. cit.*, *Arch. gén. de méd.*

(3) Segond a pris des chats pour sujets de ses expériences, parce que, suivant lui, ces animaux présentent le plus ordinairement la voix de fausset dans le miaulement, les replis inférieurs ne produisant que des sons médiocres, mais plus graves, qui ne se font entendre que dans des circonstances exceptionnelles.

voix de fausset, se fit entendre de nouveau. Sur d'autres animaux de la même espèce, l'instrument étant introduit par la cavité buccale, après avoir attiré le larynx à l'isthme du gosier au moyen d'une pince agissant sur la langue et d'un crochet saisissant l'épiglotte, la section des cordes vocales supérieures fut pratiquée ; aussitôt le miaulement, les cris furent abolis.

Segond a signalé une observation importante qu'ont pu faire tous les physiologistes qui ont examiné des glottes en état de vibration : la partie des cordes vocales, réellement facile à voir vibrer, est variable en étendue, et les cordes, en se rapprochant, se touchent de plus en plus à partir de leurs points d'attache.

L'auteur tire de cette remarque la conséquence qu'il s'établit, entre la longueur des cordes vocales et leur tension, une compensation telle qu'une corde peut, pour un même son, se relâcher, mais se raccourcir si ce dernier a peu de force, et se tendre en s'allongeant s'il acquiert de l'intensité.

Évidemment, on ne saurait admettre, avec cet observateur, que les sons graves ou aigus puissent être produits, selon leur intensité, par une même tension des cordes vocales ayant des longueurs différentes. Comment expliquer, dans cette hypothèse, la variation d'intensité des sons graves correspondants aux plus faibles tensions des ligaments vocaux? Peut-on nier la connexion évidente qui existe entre la tension des cordes et leur rapprochement ?

Après avoir abandonné, pour l'explication de la voix de fausset, la théorie des vibrations des bords de la glotte, Segond s'en sert pour expliquer les sons aigus produits par les cordes inférieures du larynx. Cela nous a paru une contradiction ; car, s'il est possible que les vibrations des bords de la glotte donnent des sons aigus, on ne voit pas pourquoi elles ne produiraient pas également les sons de fausset.

Segond a bien voulu répéter avec nous ses expériences : il nous pardonnera si, dans l'intérêt de la vérité, nous nous montrons difficiles sur les conséquences qu'il en a déduites. Car le succès de sa théorie sur la voix de fausset nous paraissait d'autant plus désirable qu'elle s'accorde parfaitement avec nos propres principes : les sons de fausset seraient produits, si l'on admet deux appareils vocaux, par les vibrations dues à l'écoulement périodique de l'air à travers la glotte supérieure ; le canal sus-glottique ou la cavité ventriculaire formerait, dans ce cas, le tuyau renforçant : on pourrait même considérer la colonne d'air vocale comme partagée en deux par l'orifice sonore.

Mais les cordes vocales supérieures peuvent-elles être l'origine de vibrations sonores? Voilà toute la question.

Nous avons coupé les cordes vocales supérieures, chez des chiens et des chats, *sans léser les ventricules*, et nous avons obtenu, malgré cette opération, des sons d'une intensité remarquable et d'une grande *acuité* qui s'augmentait singulièrement encore lorsque, aidant à l'action des muscles crico-thyroïdiens, nous élevions un peu le bord antérieur du cartilage cricoïde de manière à tendre davantage les cordes vocales inférieures.

Dans nos expériences, l'aphonie a toujours été complète après l'incision de ces dernières, malgré l'intégrité des cordes vocales supérieures dont le rapprochement et la tension n'ont jamais fait reparaître la voix, quelque soin qu'on apportât à les placer dans des conditions propres à produire des sons.

Si les ligaments supérieurs de la glotte pouvaient être le siége de vibrations *sonores*, la section des inférieurs devrait les favoriser ; et, comme nous n'avons

jamais pu produire des sons avec la glotte supérieure seule, nous sommes en droit de conclure qu'en effet elle ne peut être l'origine d'aucun son.

Si, après la lésion des cordes vocales inférieures, Segond a vu des chats recouvrer le miaulement au bout de quelques jours, c'est que les parties divisées avaient pu reprendre, par la cicatrisation, assez de cohésion pour former un nouvel orifice sonore auquel l'animal a dû s'habituer.

Enfin, les mouvements des cartilages qui produisent la tension des cordes vocales supérieures, entraînant nécessairement celle des inférieures, on ne conçoit pas que ces dernières, qui reçoivent directement l'action de l'air, restent au repos pendant que celles-là vibrent sous l'influence de l'air brisé dans son mouvement, et dilaté par les ventricules.

En résumé, n'ayant pu, jusqu'à présent, rendre sonore la glotte supérieure, nous admettons que les cordes vocales inférieures représentent l'origine commune des sons de poitrine et des sons de fausset.

4° Savart (1) émet de simples conjectures sur l'émission de la voix de fausset : « L'air des ventricules, dit ce physicien, pouvant résonner indépendamment de celui qui est dans le tuyau vocal, il est très présumable que, même sans que ce tuyau ait subi aucune altération, certains sons peuvent être produits par les ventricules seuls, particulièrement ceux qui sont arrachés par la douleur et *peut-être* ceux qu'on fait entendre quand on chante en fausset. »

Les vibrations des ventricules seulement exigeraient, pour les sons aigus du fausset, une trop grande pression dans le cas où ceux-ci donneraient leur son fondamental, et l'intensité du son produit par ce tuyau vocal très réduit n'atteindrait pas celle des sons de poitrine, comme on le remarque dans la voix de tête.

Toutefois, Savart nous paraît avoir entrevu la vérité ; mais, manquant alors d'expériences, il laisse sans explication les détails les plus importants.

Dans la voix de poitrine, tout l'air contenu dans les ventricules et le tuyau laryngien sus-glottique forme un appareil renforçant ou tuyau unique qui, s'accommodant entièrement au son de l'orifice sonore, ne peut donner qu'un seul son, qui est le son *fondamental* de la colonne d'air.

Dans la voix de fausset, le bord antérieur du cartilage cricoïde s'élève visiblement, les ligaments supérieurs de la glotte se rapprochent et sont fortement tendus, ainsi que les parois des ventricules ; de telle sorte que la forme de la colonne d'air laryngienne est notablement modifiée. Il en est de même par suite des conditions vibratoires de la glotte.

Nous croyons satisfaire à toutes les conditions du phénomène de la voix de fausset, en admettant que la nouvelle disposition de l'organe vocal facilite la formation d'un ventre de vibration à la glotte supérieure, de manière que le son de fausset est un harmonique du tuyau vocal proprement dit. Les ventricules et le tuyau laryngien sus-glottique vibrent à l'unisson et sont séparés par un ventre de vibration.

Conformément à ce qu'on observe dans un tuyau fixé sur une plaque munie d'un orifice sonore, le son fondamental et l'harmonique, ou son de fausset, pour-

(1) *Mém. cit.*, p. 65.

aient être produits par une même ouverture de glotte, en forçant légèrement le vent, ce qui paraît parfaitement d'accord avec les conditions exigées par la voix le tête. On retrouve, en effet, dans les sons du second registre de la voix humaine, e caractère flûté des harmoniques des tuyaux. On explique la possibilité de produire deux sons, le son fondamental et l'harmonique ; fait observé par Garcia sur les Baskirs.

Enfin, les cartilages *cunéiformes* auraient leur raison d'être : ils formeraient, en effet, dans certains cas, un petit canal qui mettrait les ventricules en communication avec l'air situé au-dessus du larynx, pendant la jonction des aryténoïdes et le rapprochement des cordes vocales supérieures. Ils agiraient donc, dans la voix de fausset, comme les trous dans les instruments à vent (1).

Du chant.

L'organe vocal peut produire tous les sons possibles, contenus toutefois dans une certaine limite qui constitue *l'étendue de la voix.*

Les sons peuvent monter ou baisser d'une manière continue, comme ceux de la sirène. Cet effet a lieu dans les cris de l'homme, lorsqu'ils expriment la douleur ou certaines émotions profondes ; dans le hurlement ou le cri plaintif du chien. C'est ce même phénomène qu'on désigne en musique par le mot *détonner*, par analogie avec celui que manifeste une corde qui vibre pendant qu'on la détend.

Dans la parole, le son change de ton avec l'effet qu'on veut produire, et c'est en variant convenablement l'intonation que les orateurs, parfois, remuent si profondément leur auditoire. Cette variation du ton, dans le langage articulé, donne l'accentuation qui, avec le timbre, diversifie si bien les hommes. L'accentuation est l'effet de l'habitude, de l'éducation et de l'idiome.

Les sourds-muets de naissance qui parviennent à parler, prononcent tous les mots sur le même ton.

Le *chant*, enfin, consiste à produire des sons ayant entre eux les rapports déterminés de la gamme. Ce n'est qu'avec un grand exercice du larynx que les personnes, douées d'ailleurs d'une bonne organisation musicale, parviennent à disposer instantanément toutes les parties de leur organe pour un ton donné.

Du timbre de la voix. — Le timbre, au caractère duquel on reconnaît la personne qui parle, paraît dépendre des vibrations des divers éléments de l'appareil vocal, et peut changer avec les dispositions très variées qu'on arrive à leur donner. C'est ainsi que certains individus, doués d'une certaine souplesse d'organe, peuvent imiter plusieurs voix.

Lorsqu'aux sons vocaux s'ajoutent les vibrations de l'air, du pharynx, de la bouche et des fosses nasales plus ou moins fermées, celles de la glotte, de l'épiglotte, des replis épiglottiques, du voile du palais plus ou moins abaissé, on obtient

(1) DIDAY et PÉTREQUIN, dans leur mémoire *sur le mécanisme de la voix de fausset*, formulent leur théorie en ces termes : « Pour donner les sons de fausset, la glotte se place dans un état tel que les cordes vocales ne puissent plus vibrer à la manière d'une anche. Son contour représente alors l'embouchure d'une flûte ; et, comme dans les instruments de ce genre, ce n'est plus par les vibrations de l'ouverture, mais par celles de l'air lui-même que le son est produit. » (*Voy.* année 1844, p. 135, *Gaz. méd.* de Paris.)

des timbres excessivement variés et dont la cause est la même que pour les instruments à vent, c'est-à-dire la coexistence de plusieurs ondes sonores d'intensité et de tons différents, qui modifient la forme générale de l'onde principale. Nous ajouterons même que c'est aux vibrations énergiques des lèvres de la glotte, fortement détendues, que les sons graves doivent surtout leur timbre particulier, celui des anches différant du timbre des sons aigus ou de fausset.

Le *timbre sombre* des musiciens paraît coïncider avec les vibrations de l'air du pharynx, et il est d'autant plus prononcé que le larynx est plus abaissé pendant le chant, et, par conséquent, que le tuyau pharyngien est plus long. Ce timbre est souvent favorisé par l'idiome : ainsi, les Provençaux, les Italiens emploient fréquemment le timbre sombre qui fait le caractère de la voix de divers chanteurs renommés, et contribue à son intensité par une plus grande étendue de l'appareil renforçant.

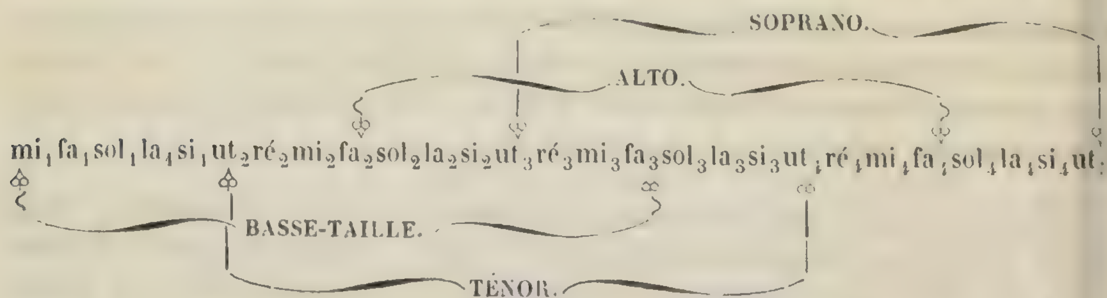
Dans le *timbre clair*, le larynx est élevé, et la cavité buccale ouverte forme seule la caisse sonore. Le Français chante presque toujours en timbre clair ; la langue française se prête difficilement au timbre sombre.

Lorsque, l'air passant par les fosses nasales, la bouche est fermée et résonne, le son n'est plus qu'une sorte de grognement très prononcé, comme cela s'observe chez le chien.

Si, la bouche étant ouverte, les fosses nasales sont plus ou moins fermées et entrent en vibration, le timbre est *nasillard*, ou, comme on le dit vulgairement, on chante du nez.

Ainsi, le timbre doit ses modifications à la nature des vibrations étrangères aux vibrations sonores principales; et cela explique bien pourquoi une personne peut avoir un chant très pur, avec une voix parlée très mauvaise, désagréable et souvent nasillarde, lorsqu'elle est obligée, pour prononcer certaines syllabes, de mettre en vibration des éléments qui ne fonctionnent pas pendant le chant.

De l'étendue de la voix. — On distingue, dans un chanteur, le *ton* de la voix qui est donné par le son le plus bas qu'il peut produire, et son *étendue* caractérisée par le nombre d'intervalles qu'il peut parcourir en montant du grave à l'aigu. Ces deux éléments sont très variables chez les divers chanteurs, et servent à classer ceux-ci, conformément au tableau suivant :



La voix peut avoir une étendue de deux à trois octaves et demie.

Le ton de voix est très différent pour les hommes et pour les femmes : en appelant ut_1 le son du tuyau d'orgue de huit pieds ouvert, qui est le premier *ut* de basse et du piano à six octaves et demie, on trouve que les voix d'homme ont pou

toniques mi_1 (basse-taille) montant jusqu'au la_2 ; la_1 (baryton) s'élevant jusqu'au fa_3. Les ténors vont de ut_2 à ut_4.

La voix de femme n'a une gravité égale à celle de l'homme que chez certaines femmes à constitution virile.

Les voix de femme, des jeunes garçons et des castrats commencent entre fa_2 (alto) et ut_3 (soprano), et vont jusqu'au fa_4 (alto) ou la_4 (mezzo-soprano) ou ut_5 (soprano). Les quatre premiers sons manquent, en général, de force dans toutes les voix.

L'étendue complète des voix d'homme et de femme, prises ensemble, comporte à peu près quatre octaves.

J. Müller, à qui nous empruntons le tableau et la plupart des détails que nous venons de donner sur l'étendue de la voix, nous apprend que Fischer atteignait le *fa* de l'octave au-dessous d'ut_1 : la plus jeune des sœurs Sessi embrassait trois octaves et trois tons de ut_2 à fa_4 ; la Zelter, trois octaves ; la Catalani, trois et demie.

APPAREIL VOCAL ET VOIX DES OISEAUX.

Chez les oiseaux, les organes qui concourent à la production de la voix présentent une *conformation* notablement différente de celle des mêmes organes chez les mammifères. Le larynx est double, c'est-à-dire qu'il existe deux petits appareils dont la *structure* se rapproche plus ou moins de l'organe vocal des mammifères. L'un d'eux, et c'est le principal, occupe la partie inférieure de la trachée-artère, au niveau du point où se voit l'origine des deux bronches : on le désigne sous le nom de *larynx inférieur*. L'autre se trouve à l'origine de la trachée-artère, derrière la base de la langue : on l'appelle *larynx supérieur*. Entre les deux, existe un conduit membraneux et cartilagineux, dont les dimensions et la forme présentent de grandes variétés : c'est la *trachée-artère*. Chacun de ces trois organes prend une part dans la phonation, chacun d'eux mérite donc aussi d'être considéré à part.

I. Le *larynx inférieur* se rencontre dans toute la classe des oiseaux, à quelques rares exceptions près : ainsi, G. Cuvier (1) ne l'a pas trouvé chez le roi des vautours ; Rudolphi, dans le *vultur aura ;* Meckel, dans les autruches et les casoars. R. Wagner (2) en a constaté la présence chez les *vultur cinereus* et *fulvus*, ainsi que chez le gypaëte.

La situation du larynx inférieur présente quelques variétés : le plus souvent, cet organe occupe l'extrémité inférieure de la trachée au niveau de sa bifurcation et s'étend sur la base même des bronches qui participent un peu à sa formation. Dans le genre *stratornis*, il n'en est pas ainsi : le larynx inférieur est séparé de l'extrémité inférieure de la trachée par un certain nombre d'anneaux bronchiques, et conséquemment appartient aux bronches, et nullement à la trachée elle-même. Dans les genres *thamnophilus*, *myiothera* et *opethiorhynchus* (3), le larynx inférieur occupe exclusivement la partie inférieure de la trachée. On pourrait donc, en ayant égard simplement à la situation du larynx inférieur, distinguer cet organe

(1) *Leçons d'anatomie comparée*, 2e édition, t. VIII, p. 742.
(2) *Icon. Zool.*, pl. XII, fig. 30 et 31.
(3) J. MÜLLER. *Stimmorgan der Passerinen*, p. 6. Berlin, 1845.

en larynx *bronchique*, larynx *trachéen* et larynx *broncho-trachéen*. Nous nous occuperons exclusivement de cette dernière variété, qui est la plus commune.

Le larynx inférieur semble être, dans ce cas, une modification de la trachée-artère. Les derniers anneaux de ce conduit se rapprochent ou se soudent ensemble ; ils présentent un aplatissement plus ou moins marqué d'avant en arrière, ou bien ils sont comprimés latéralement. L'extrémité inférieure de la trachée, ainsi modifiée se nomme le *tambour*. L'ouverture inférieure du *tambour* est partagée en deux ouvertures secondaires, tantôt par une languette osseuse ou cartilagineuse dirigée d'avant en arrière, tantôt simplement par l'angle de réunion de la partie interne des bronches. Ces dernières sont formées d'arcs osseux ou cartilagineux, et nullement d'anneaux complets ; c'est en dedans que les anneaux laissent un intervalle occupé par une portion membraneuse que G. Cuvier a désignée sous le nom de *membrane tympaniforme*. Les parois internes des deux bronches sont réunies entre elles par des fibres élastiques plus ou moins fortes qui, au lieu de bifurcation, forment souvent des bourrelets plus ou moins considérables. Chez le *dindon* (1) ces bourrelets renferment un tissu élastique dont les fibres appartiennent à la deuxième variété de ce même tissu, admise par Henle.

D'après Dugès (2), une vésicule aérienne, communiquant avec les poumons, occupe constamment l'angle de réunion, l'espace intermédiaire aux deux membranes tympaniformes ; et cette disposition serait de nature à expliquer comment l'animal pourrait devenir muet, si l'on ouvrait la grande vésicule aérienne qui occupe la partie la plus avancée de la poitrine, et s'étend jusqu'aux branches de la fourchette ou clavicule.

Le premier des arcs des bronches a la même courbure que la trachée ; le second et le troisième appartiennent à des cercles plus grands, et sont moins convexes en dehors. Ils présentent en dedans une saillie qui est surmontée par un repli de la muqueuse trachéo-bronchique, susceptible de vibrer. Ce repli est doublé d'un tissu élastique qui ressemble à celui des cordes vocales inférieures des mammifères. Il existe également un peu de tissu élastique sur la membrane tympaniforme ; de telle façon que, chez les oiseaux chanteurs indigènes et quelques oiseaux chanteurs exotiques, on trouve, de chaque côté de l'extrémité inférieure de la trachée une glotte composée de deux lèvres ou de deux cordes vocales.

Telle est la conformation du larynx inférieur des oiseaux chez lesquels cet appareil a atteint un haut degré de perfection.

Mais, sous le rapport de la structure du précédent organe, il y a de grandes différences à établir parmi les oiseaux, et l'on peut diviser les larynx inférieurs en deux classes : les larynx privés de muscles *propres*, et les larynx qui en sont pourvus.

A. Les premiers peuvent posséder des muscles *extrinsèques* qui meuvent la trachée ; et comme la contraction de ces muscles exerce une influence sur l'état de la glotte, nous les indiquerons ici, au lieu de renvoyer leur description à celle de la trachée-artère.

Il y a deux paires de muscles abaisseurs de la trachée : les *sterno-trachéens* et les *ypsilo* ou *cléido-trachéens*. Les sterno-trachéens ont leur attache fixe au ster

(1) SIEBOLD et STANNIUS. *Anatomie comparée* ; traduct. par Spring et Lacordaire, t. II, p. 356
(2) *Physiol. comparée*, t. II, p. 243.

num, à la face interne de ses angles latéro-supérieurs, leur attache mobile le ong de la trachée, à des points différents selon les espèces; les fibres de ces musles se prolongent plus ou moins haut. Les ypsilo-trachéens ou cléido-trachéens ont eur attache fixe à l'os en forme d'Y grec ou de fourchette que l'on trouve chez s oiseaux, leur attache mobile à la trachée. Toutefois, les muscles précédents manuent à un certain nombre d'espèces.

Il n'existe pas de muscles élévateurs propres : c'est le mylo-hyoïdien qui produit 'élévation de la trachée, au moyen de ligaments qui unissent l'os hyoïde au larynx upérieur.

L'action simultanée de tous ces muscles produit l'allongement de la trachée; leur epos simultané la raccourcit. Reste à déterminer l'action exercée par eux sur l'état le la glotte :

1° Quand la trachée s'élève, les bronches sont tiraillées, le second et le troiième anneau bronchique s'éloignent du premier; la saillie de la glotte diminue et a tension augmente.

2° Lorsque la trachée s'abaisse, les bronches se relâchent, leurs anneaux se rapprochent et la glotte est allongée et détendue. Ce mécanisme, d'après G. Cuier (1), rendrait compte de la possibilité qu'ont certains oiseaux de modifier l'état le leur glotte en l'absence de muscles propres au larynx inférieur.

Les larynx inférieurs, qui ne sont pas pourvus de muscles propres, peuvent être livisés en deux groupes : les uns offrent des dilatations latérales, d'autres en sont rivés. Le tambour présente des dilatations non pas seulement dans les espèces de leux genres, les canards et les harles, ainsi que Cuvier (2) l'a avancé; mais dans quelques autres espèces encore : ainsi Yarrelle (3) en a trouvé dans l'*Anser gamensis;* Tschudi (4) dans le *Cephalopterus ornatus*, etc. D'après Cuvier, plusieurs spèces, appartenant au genre des canards, en sont dépourvues. Un fait constant, 'est que les cavités qui forment les dilatations ne sont jamais symétriques; la avité du côté gauche l'emporte en volume sur celle du côté droit. Cette disposition st surtout manifeste dans le canard domestique. La structure de ces cavités est antôt osseuse, tantôt à la fois membraneuse et osseuse. Les dilatations entièrement sseuses ont, en général, une forme sphéroïdale; c'est ce que l'on observe dans '*Anas boschas*, l'*Anas montana*, etc. Il y a des oiseaux chez lesquels ces dilatations sont pyriformes, dans l'*Anas crecca* par exemple. Si j'insiste sur ces dilatations que présente le larynx inférieur de quelques oiseaux, c'est que Cuvier leur a ttaché une grande importance. Elles expliqueraient, suivant lui, la différence qui xiste entre la voix des mâles et celle des femelles : on sait que ces dernières ont a voix aigre et aiguë, tandis que les mâles ont la voix enrouée et sourde.

Le larynx inférieur, sans muscles propres et sans dilatations latérales, se trouve lans un grand nombre d'oiseaux : il faut citer tout l'ordre des gallinacés, les dindons, les pintades, les paons, les coqs, les faisans, les perdrix, etc. La conformaion du larynx offre quelques variétés dans ces espèces, mais le caractère général 'est que la traverse, qui se voit au bas de la trachée, est située plus bas que le dernier anneau auquel elle tient, d'où il résulte que les membranes qui constituent la

(1) *Loc. cit.*
(2) *Ouv. cit.*, t. VIII, p. 746.
(3) *Ann. and magaz. of natur.*, hist. IX, p. 117.
(4) MULLER'S *Archiv*, p. 473. 1843.

glotte n'interceptent qu'une seule ouverture au lieu d'en former deux, comme dan les cas précédents.

B. Les larynx inférieurs, pourvus de muscles propres, s'observent chez le oiseaux dont la voix est le plus perfectionnée. Ces muscles impriment, en effet, au petit appareil phonateur des modifications qui ont pour but de changer son degr de tension et sa longueur. Il en résulte que l'état du larynx peut être modifié indé pendamment des mouvements de la trachée, et pendant que celle-ci reste complé tement immobile. Ici, il y a encore de grandes différences entre les divers oiseaux sous le point de vue du nombre plus ou moins considérable de muscles dont leu larynx inférieur est pourvu; et sous ce rapport j'admettrai, avec Cuvier, trois divi sions, suivant qu'il existe une seule paire de *muscles propres*, trois ou cinq paire de ces muscles.

a. — Lorsque le larynx ne présente qu'une seule paire de muscles, c'est-à-dir un muscle de chaque côté, chacun d'eux s'insère d'une part à la trachée, de l'autr à l'un des demi-anneaux de la bronche correspondante; leur contraction simul tanée a pour résultat de faire remonter les premiers anneaux des bronches vers l trachée. Tantôt le muscle dont il s'agit s'attache au premier ou au deuxième dem anneau bronchique, comme chez les aigles, les faucons, les gerfauts, les hobereaux les buses, les éperviers, les autours, les griffons, le vautour brun; tantôt il s'insèr au troisième demi-anneau, chez le martin-pêcheur, l'engoulevent; ou bien au cin quième demi-anneau, chez les hérons, les butors, le coucou, le grand-duc; o bien enfin au septième demi-anneau, chez la chouette, la hulotte.

b. — Le larynx inférieur est pourvu de trois paires de muscles, chez le perroque et sa conformation présente quelques particularités. Ainsi les anneaux terminaux d la trachée sont soudés ensemble, et le dernier est presque carré, sans être muni d'un cloison. Les bronches forment deux tubes membraneux, garnis de pièces cartila gineuses. Le premier demi-anneau est plat, élargi, et a presque la forme d'u croissant dont le côté convexe est tourné en haut; les pointes sont aiguës et tour nées en bas; les trois demi-anneaux suivants sont plats et soudés en une plaqu demi-circulaire. Le côté convexe de cette plaque, au lieu d'être tourné en hau comme le premier demi-anneau, est dirigé en bas. Les cinquième, sixième et sep tième demi-anneaux sont soudés à la plaque précédente, et entre eux, dans le mi lieu seulement. Les anneaux qui suivent ont la forme ordinaire jusqu'au niveau d point où la bronche entre dans le poumon. Le côté par lequel les bronches se re gardent est membraneux, et les deux membranes, au lieu de rester distincte s'unissent à la hauteur des pointes du premier demi-anneau, de manière à ne con stituer qu'un seul et même canal jusqu'au niveau de la trachée. C'est le rétréci sement que ce canal éprouve entre les bords inférieurs de ce demi-anneau, qu l'on peut considérer comme la glotte de ce larynx (1). Les muscles annexés à c petit appareil sont de chaque côté : un muscle constricteur principal, un musc constricteur auxiliaire et un muscle laxateur de la glotte.

c. — Le larynx inférieur est muni de cinq paires de muscles chez les oiseaux chan teurs : à ce groupe se rattachent les rossignols, les fauvettes, les merles, les cha donnerets, les alouettes, les linottes, les serins, les pinçons, les hirondelles, l

(1) Pour la conformation du larynx du perroquet, voy. Dugès, *Physiologie comparée*, t. I fig. 270 et 271.

moineaux, les étourneaux, les gros-becs, les geais, les pies, les corbeaux. Chez ces animaux, les derniers anneaux de la trachée se réunissent en une pièce de longueur variable, à peu près cylindrique dans le haut, évasée par en bas, où elle présente deux pointes obtuses, une antérieure, l'autre postérieure, qui sont réunies par un osselet transversal; de telle façon que la trachée s'ouvre inférieurement par deux trous ovales communiquant avec les bronches séparément. Les trois premiers anneaux de chaque bronche sont plus rapprochés et plus plats que les suivants; ils vont, en s'allongeant par derrière, du premier au troisième; le quatrième anneau diminue subitement. Le premier anneau s'articule, par son extrémité antérieure, avec un petit cartilage ovale, qui est scellé à la membrane tympaniforme, et il fait en dedans une saillie qui est la lame vibrante ou la partie essentielle du larynx. L'entrée de l'air dans la trachée se fait par deux trous ovales, garnis, chacun à son bord externe, d'une lame saillante. Les cinq muscles qui existent de chaque côté de ce larynx sont : le *muscle releveur longitudinal des demi-anneaux*, le *muscle releveur postérieur des demi-anneaux*, et le *petit releveur*, dont la contraction a pour résultat de faire saillir la petite lame de la glotte; le *releveur oblique* et le *releveur transversal*, qui ont surtout pour action de tendre avec force, et dans le sens transversal, la partie supérieure de la membrane tympaniforme. Tous ces muscles s'insèrent, d'une part, à la trachée, et de l'autre à l'un des premiers anneaux de chaque bronche correspondante.

II. La *trachée-artère* des oiseaux est formée d'anneaux cartilagineux ou osseux entiers; et, sous ce rapport, il y a une différence bien frappante avec la trachée-artère des mammifères, dont les anneaux forment des portions de cercle. Elle offre une grande largeur; la division de ce canal en bronches n'a lieu qu'à l'entrée du thorax, excepté chez les colibris, où la division s'effectue vers le milieu du cou. La longueur absolue de la trachée dépend donc, en général, de la longueur du cou de chaque oiseau. Chez quelques uns des animaux appartenant à cette classe, la longueur de la trachée est considérablement accrue par le fait de l'existence de replis et de circonvolutions, comme dans le coq de bruyère, les hoccos, les pénélopes, les hérons, les butors, les cigognes, les grues, les cygnes. D'après G. Cuvier (1), ces contours se rencontrent principalement chez les mâles.

Les anneaux qui entrent dans la constitution de la trachée sont plus ou moins nombreux : chez quelques passereaux, on n'en trouve que trente à quarante; les gallinacés en ont de cent à cent trente; la cigogne en a environ cent quarante; le héron près de deux cents; le flamant et la grue environ trois cent cinquante.

J'ai dit que les anneaux sont complets; il y a pourtant quelques exceptions à cette règle chez l'huîtrier, les œdicnèmes, les vautours, les manchots, etc. (2). Ces anneaux sont tantôt mous et cartilagineux, tantôt osseux en tout ou en partie. Les oiseaux chanteurs ont les anneaux de la trachée très minces, et les membranes qui les unissent flexibles et minces aussi. Les oiseaux de rivage et les palmipèdes ont les anneaux larges, presque contigus, et recouverts les uns par les autres.

Le casoar de la Nouvelle-Hollande présente une conformation spéciale : plusieurs des anneaux moyens de la trachée sont fendus en avant, de manière à circonscrire

(1) *Ouv. cit.*, t. VIII, p. 765.
(2) SIEBOLD et STANNIUS, *ouv. cit.*, t. II, p. 349.

une ouverture ovale à laquelle s'adapte un sac du volume d'une tête d'homme, que l'animal peut remplir d'air à volonté (1).

Chez les mâles de plusieurs plongeons et canards, on trouve des dilatations à la partie moyenne de la trachée.

La forme de ce conduit présente des variétés que l'on peut, avec G. Cuvier (2), rapporter aux quatre types suivants :

1° Trachées *cylindriques :* ce sont les plus nombreuses; elles se voient chez les oiseaux chanteurs, les oiseaux de rivage qui ont la voix grêle et flûtée, beaucoup d'oiseaux de proie et de gallinacés.

2° Trachées *coniques :* elles représentent des cônes dont la partie élargie est tournée du côté de la bronche. Les dindons, les hérons, les butors, l'oiseau royal, le cormoran, le fou, se rapportent à ce groupe.

3° Trachées à *renflements subits :* ce sont les plus rares; on les observe chez le garrot, la double macreuse.

4° Trachées à *renflements insensibles :* le genre des harles, les canards mâles.

Chez quelques oiseaux, la trachée est divisée en deux moitiés latérales par une cloison. Cette cloison a été observée chez le pingouin par Jœger (3), chez les pétrels par Meckel; d'après ce dernier anatomiste, il en existe également des vestiges chez l'*Anas clangula.*

Je ne reviendrai pas sur les muscles de la trachée, qui ont été décrits plus haut avec le larynx inférieur. J'ajouterai seulement que les muscles que l'on rencontre le plus souvent sont les sterno-trachéens. Les ypsilo-trachéens manquent chez les rapaces, les pigeons, les autruches, les scolopacidées, les fulicariées, etc.

III. Le *larynx supérieur* occupe la partie la plus élevée de la trachée, derrière la base de la langue. Son ouverture présente la forme d'une fente longitudinale : à la partie postérieure de laquelle se rencontrent des papilles épithéliales de forme variable. Au niveau de cette ouverture, il n'existe pas de repli précisément assimilable à l'épiglotte des mammifères; on trouve néanmoins quelquefois un cartilage qui paraît tenir lieu de cet opercule.

Le larynx supérieur est formé de quatre ou six pièces. La principale est l'analogue du cartilage thyroïde; le cartilage cricoïde et les cartilages aryténoïdes constituent les autres pièces.

Le *cartilage thyroïde* est formé d'une portion principale antérieure et de deux portions postérieures moins élevées; ces dernières ne se rejoignent pas sur la ligne médiane. Au bord supérieur du thyroïde, se montre parfois une apophyse épiglottique ordinairement cartilagineuse, rarement ossifiée. Cette apophyse est aplatie large et entièrement osseuse dans la cigogne et le héron ; dans les gallinacés, les canards et les mouettes, elle est molle et mince (4). Chez quelques échassiers et palmipèdes, on trouve une sorte de cartilage épiglottique distinct, uni par une suture au cartilage thyroïde. Dans quelques genres, canards, cygnes sauvages, cigognes grues, fruigelles, la face interne du cartilage thyroïde est divisée dans sa longueur par une crête médiane cartilagineuse.

Le *cartilage cricoïde*, à l'état rudimentaire, ne forme pas un anneau com-

(1) Carus, *Anatomie comparée*, t. II, p. 214, et Frémery, *De casuario Novæ-Hollandiæ* Trajecti, 1819.

(2) *Ouv. et l. cit.*, p. 766.

(3) Meckel's *Archiv*, 1832, IV, p. 48.

(4) Henle, *Vergleich. anatomisch. Beschreib. des Kehlkopfes.* Leipzig, 1839, pl. V, fig. 32-31

olet comme dans les mammifères; il est logé entre les bords internes des portions postérieures du cartilage thyroïde. De chaque côté de son bord supérieur, existe une facette articulaire pour les cartilages aryténoïdes.

Les *cartilages aryténoïdes* sont grêles, allongés, triangulaires; ce sont eux qui limitent l'ouverture ou la fente que présente le larynx supérieur.

Le larynx supérieur des oiseaux diffère de celui des mammifères par l'absence de cordes vocales. Quelquefois pourtant on rencontre des plis longitudinaux étendus entre les extrémités des cartilages aryténoïdes, et qui s'insèrent dans la cavité du larynx, sur la saillie longitudinale que présente la face interne du cartilage thyroïde (1).

Chez tous les oiseaux, il existe trois paires de muscles annexés au larynx supérieur: les muscles *trachéo-hyoïdiens* qui l'élèvent en même temps que la trachée; les *muscles thyro-aryténoïdiens postérieurs* qui le dilatent; et les muscles *thyro-aryténoïdiens latéraux* qui le resserrent.

Production de la voix chez les oiseaux.

G. Cuvier attachait une grande importance à l'étude de la voix des oiseaux : il a consacré, à ce sujet, un chapitre entier de son *Anatomie comparée* (2), et a entrepris les expériences qui ont puissamment contribué à éclairer cette difficile question.

L'appareil vocal des oiseaux paraissait à notre illustre naturaliste plus simple que celui des mammifères, et plus conforme à quelques uns de nos instruments de musique. « Nous sommes bien éloignés, dit-il, d'avoir une théorie aussi complète de ceux-ci (les mammifères) que des précédents (les oiseaux), ni de pouvoir observer une marche aussi ferme dans leur description. »

Nous ne partageons pas complétement cette opinion; car le larynx double des oiseaux nous paraît une difficulté de plus à surmonter. Si l'on ne considère que cette classe particulière d'oiseaux, les *gallinacés*, qui n'ont véritablement qu'une glotte surmontée d'un tuyau sonore, fermé partiellement à sa partie supérieure, c'est avec raison qu'en place un tel appareil le premier pour la simplicité; mais, si l'on cherche, au contraire, à déterminer le jeu simultané des deux larynx, on éprouve des difficultés d'autant plus grandes que les physiciens ne se sont pas occupés de tuyaux ainsi embouchés.

G. Cuvier a prouvé, à l'aide d'expériences nombreuses et faciles à répéter, que le larynx inférieur des oiseaux est exclusivement le siége de la voix, ou mieux l'origine des vibrations vocales. Il a coupé la trachée d'un merle vivant, au milieu de sa longueur, et l'animal a continué de pousser des cris plaintifs. La même opération a réussi sur une pie, dont les cris n'ont été ni moins forts, ni moins aigus, après qu'avant la vivisection. Le bout supérieur de la trachée ayant été volontairement oblitéré, il n'est survenu aucun changement dans les sons, qui ont duré pendant dix minutes, jusqu'à ce qu'un caillot de sang eût étouffé l'animal. Une cane, à laquelle on avait coupé la trachée transversalement, criait encore avec autant de force et avec le même timbre. Après avoir bouché la partie supérieure du larynx d'une cane ainsi opérée, et lui avoir lié le bec pour empêcher

(1) SIEBOLD et STANNIUS, *ouv. et l. cit.*, p. 348.
(2) T. VIII, p. 770 et p. 772, deuxième édition.

toute communication avec la partie inférieure, les cris n'ont diminué ni en force ni en étendue.

Nous avons répété, avec succès, toutes ces expériences : le larynx supérieur d'une cane a été incisé largement dans le sens de son axe, et la voix n'a pas été modifiée. Après avoir coupé la trachée au milieu de sa longueur, nous avons, pour rendre la respiration plus facile, attaché, à l'aide d'un crochet et d'un fil, l'extrémité ouverte de la partie inférieure de ce conduit, sur le cou, et abandonné l'animal à lui-même. Il a continué à crier ; sa voix paraissait néanmoins un peu plus grave ; ce qui peut tenir au relâchement des muscles du larynx résultant de l'affaissement de la trachée. Nous avons alors lié le bec, sans que l'animal cessât de produire des sons. Comme, pendant le cri, les poches aériennes étaient fortement tendues, il était permis de leur supposer une influence sur la voix ; elles ont été perforées, et l'oiseau a encore proféré des cris éclatants.

Savart (1), ayant divisé les filets nerveux qui longent la trachée et se distribuent au larynx inférieur, a constaté que les sons étaient devenus plus faibles, voilés et analogues à ceux d'une anche, ce qu'il attribue au relâchement des cordes qui forment la glotte.

Il résulte de ces diverses expériences que la glotte inférieure est seule nécessaire, avec le tuyau trachéen, à la production de la voix des oiseaux, et que le larynx supérieur est seulement utile pour la variation et la modulation des sons sur lesquels les poches aériennes n'ont aucune influence.

L'organe vocal des oiseaux est donc essentiellement constitué, comme celui des mammifères, d'*un ou de deux orifices sonores*, et d'un tuyau renforçant destiné à la détermination des tons. On y rencontre, en outre, un larynx supérieur qui agit comme la glotte supérieure de quelques mammifères, pour modifier le ton du tuyau sonore en influant en même temps sur l'écoulement de l'air.

Nous ne saurions trop insister sur ces principes généraux qui ramènent à une même cause des phénomènes qu'on avait trop séparés jusqu'à présent.

Théorie de G. Cuvier. — « L'instrument vocal des oiseaux, dit cet anatomiste, est un tube à l'embouchure duquel est une anche membraneuse, ou, pour parler plus exactement encore, *deux lèvres* qui représentent celles du joueur de cor de chasse.

» Cette *anche* peut être raccourcie ou allongée dans le sens de sa hauteur, et tendue ou relâchée dans le sens transversal. Cet allongement et ce relâchement rendent les sons plus graves ; le raccourcissement et la tension rendent les sons plus aigus. A ces deux sources de modifications se joignent les changements de largeur de l'ouverture et les différentes vitesses de l'air qui en résultent ; mais tant qu'il n'y a que l'anche de changée, et que la largeur de la trachée et son orifice supérieur restent les mêmes, les variations de sons seront bornées aux *harmoniques* du son le plus grave (2). »

A ces causes qui peuvent influencer sur le ton de la voix des oiseaux, G. Cuvier ajoute les variations de longueur de la trachée, et l'occlusion plus ou moins complète de ce tuyau par le larynx supérieur.

On voit qu'ici Cuvier a donné, non pas une théorie de la voix, mais une

(1) *Mémoire sur la voix des oiseaux.* Dans *Ann. de phys. et de chim.*, t. XXXII, p. 128.
(2) G. CUVIER, *ouv. cit.*, t. VIII, p. 737.

simple comparaison; qu'il s'est contenté de ranger l'organe vocal des oiseaux dans la classe des instruments à bouche, de la nature des cors ou des trompettes, auxquels il réunit à tort, selon nous, les instruments d'orgues nommés *jeux d'anche*. Par cette addition, il diminue autant l'importance de sa comparaison, que par l'explication qu'il donne de la production des sons dans les instruments à bouche, en les attribuant aux vibrations des lèvres qui se comportent comme les lames des tuyaux à anche.

Les détails qui ont été donnés précédemment sur ces instruments sonores rendent inutiles les observations que nous pourrions faire sur la théorie physique des instruments à vent, admise par G. Cuvier, et qu'on ne saurait appliquer aux lèvres si petites de la glotte des oiseaux. On ne peut admettre que ces ligaments, si fins et si courts, puissent, par eux-mêmes, produire des sons aussi intenses que ceux de la plupart de ces animaux. D'autre part, pour une ouverture et une tension déterminées de la glotte, les oiseaux ne pourraient faire entendre qu'un son, comme dans les tuyaux à anche solide ou membraneuse, et ne produiraient pas les harmoniques du son fondamental, comme le suppose Cuvier, et comme l'a constaté Savart (1) : ayant rapidement enlevé la trachée-artère et les bronches d'un oiseau chanteur qu'il avait fait périr à l'instant même, Savart avait obtenu, en soufflant dans cet organe, le même son que celui arraché à l'animal par la frayeur peu d'instants avant sa mort; puis, en variant la vitesse du vent, il avait obtenu tous les sons possibles compris dans un intervalle d'environ une octave et demie. Cette expérience, faite sur des merles, des étourneaux, des linottes, etc., prouve que des sons, très éloignés les uns des autres, peuvent être produits par le larynx inférieur des oiseaux, sans que l'état de cet organe subisse aucun changement important.

Tout en laissant à Cuvier le mérite de sa comparaison, les précédentes considérations ne permettent pas d'assimiler la glotte des oiseaux à une anche ordinaire, susceptible de vibrations sonores.

Théorie de Savart. — Il est incontestable que Savart a tracé et suivi la véritable route dans la recherche des causes qui produisent la voix chez les oiseaux. Le physicien s'est élevé à une grande hauteur de conception et de vue dans ses travaux anatomiques, ses comparaisons et sa théorie que d'autres expériences projetées auraient élevée au rang des vérités les mieux établies. Pour ne pas altérer la netteté et la précision de langage, dans un travail qui a occupé Savart pendant de longues années, nous croyons rendre service au lecteur en reproduisant la partie de son mémoire dans laquelle il explique la formation de la voix chez les oiseaux :

« En supposant, dit-il, le tuyau vocal des oiseaux embouché à la manière de nos tuyaux d'orgues, il devrait donc, par de simples variations dans sa tension, être susceptible de produire plusieurs sons, en général plus graves que celui que la colonne d'air qu'il contient ferait entendre dans un tube de même dimension, opposant une résistance invincible au mouvement. Mais son mode d'embouchure, qui n'a point d'analogue dans nos instruments de musique, présente une disposition particulière d'où il résulte, de la part des parois du tube, une influence beaucoup plus considérable sur le nombre de vibrations de la colonne d'air. Comme

(1) *Mém. cit.*, p. 122.

nous l'avons vu plus haut, l'extrémité supérieure de chaque bronche présente un rétrécissement produit en dedans par l'aryténoïde et les bourrelets de la lèvre interne, en dehors par le cordon vocal externe et le mouvement de rotation du troisième osselet qui porte ce cordon en dedans; et de ces mouvements combinés, il résulte que la partie membraneuse et supérieure de ce petit tuyau affecte des tensions d'autant plus grandes que le passage que l'air traverse devient plus étroit : on conçoit que, par cette disposition, les membranes excessivement minces qui entourent le larynx doivent entrer en vibration bien plus facilement que ne le peuvent faire les parois cylindriques, ou même planes d'un tuyau ordinaire. On peut se faire une idée de ce mode d'embouchure par l'expérience suivante, qui est plus connue des enfants que des physiciens. Si l'on prend une tige creuse de quelque plante, qu'on la saisisse entre les lèvres en la comprimant légèrement ; qu'ensuite on y fasse passer un courant d'air, il se produit des sons qui ont une gravité extraordinaire, eu égard à la longueur et au diamètre de la colonne d'air. Il est évident que les parois du tube entrent très fortement en vibration ; car on les sent frémir sous les lèvres et entre les doigts qui les touchent. Un pareil tuyau, d'un très petit diamètre, et d'environ deux pouces de longueur, peut donner des sons aussi graves que ceux de la voix humaine. Par de simples variations apportées dans la vitesse du courant d'air, on peut ainsi produire quatre ou cinq sons autour de celui qui sort le plus facilement.

» Il semble que la production même du son dans cette circonstance puisse s'expliquer de la manière suivante : La partie du tube qui est dans la bouche conserve d'abord sa cylindricité, elle s'aplatit ensuite légèrement entre les lèvres; or, comme le tube est élastique, cette portion aplatie tend à revenir à sa première forme, en même temps que l'air, poussé avec force, conspire à produire un effet semblable; cet effet a donc lieu en partie parce que les lèvres, comme corps élastiques, cèdent à la pression, mais ensuite elles réagissent ; puis le tube est de nouveau dilaté, et ainsi de suite. En même temps que les lèvres rétrécissent le tuyau par leur réaction, l'air se comprime dans la partie du tube que la bouche contient, il se dilate, au contraire, quand les lèvres cèdent à la tendance des parois pour revenir à leur position naturelle : il résulte de cette double action que la colonne d'air et les parois du tube sont ébranlées en même temps avec beaucoup de force, et qu'en conséquence le son acquiert beaucoup d'intensité. Chez les oiseaux, le rétrécissement du canal étant produit par des cordons élastiques réunis aux parois mêmes du tuyau, cette disposition est sans doute beaucoup plus favorable à la production de l'effet que nous venons d'indiquer.

» On a voulu comparer l'embouchure du tuyau vocal des oiseaux à une anche libre ; mais il est évident, d'après ce que nous venons de dire des tuyaux élastiques, que cette comparaison n'est pas exacte. D'ailleurs, si elle l'était, les oiseaux ne pourraient faire entendre qu'un seul son à l'occasion d'une ouverture déterminée des lèvres de leur glotte ; mais l'expérience montre qu'il n'en est pas ainsi. En effet, si l'on enlève avec promptitude la trachée-artère et les bronches d'un oiseau chanteur qu'on vient de faire périr à l'instant même, qu'on souffle de l'air dans cet organe, on entend aussitôt un son, qui est ordinairement le même que celui que la frayeur arrachait à l'animal peu d'instants avant sa mort ; et ensuite si l'on varie la vitesse du courant d'air, on peut ainsi produire tous les sons possibles compris dans un intervalle d'environ une octave et demie. Cette expérience que j'ai faite sur des merles, des étourneaux, des linottes, des chardonnerets, e

alouettes, etc., montre que plusieurs sons très éloignés les uns des autres peuvent être donnés par le larynx inférieur des oiseaux, sans que l'état de cet organe subisse aucun changement important ; on sait que les anches ne donnent, au contraire, qu'un seul son qui n'est que très légèrement influencé par la vitesse plus ou moins grande du courant d'air.

» Une dernière preuve que les membranes élastiques jouent un rôle important dans la production des sons par le larynx inférieur des oiseaux, c'est l'existence de cette petite membrane placée au-dessus de la traverse osseuse du tambour, membrane qui ne se trouve bien développée que chez les oiseaux qui chantent le mieux, ou qui peuvent facilement apprendre à parler, et qui n'existe chez aucun de ceux qui sont privés de ces avantages. Pour découvrir le rôle que joue cette petite cloison membraneuse, il faut disposer d'une manière analogue un ruban étroit et mince, de baudruche, par exemple, à l'orifice d'un petit tube cylindrique à travers lequel on fait passer un courant d'air ; il se produit, par ce procédé, des sons fort graves et très intenses relativement à la longueur et au diamètre du tube : le degré qu'ils occupent dans l'échelle musicale dépend de la tension de la membrane et de la vitesse du courant d'air. Sous l'influence de ces deux causes, le son peut varier de plus d'une octave. Chez les oiseaux, cette membrane étant composée de deux feuilles qui ne sont que la continuité des membranes tympaniformes, la lèvre interne de la glotte ne peut pas se tendre et l'orifice de chaque bronche ne peut pas se rétrécir, sans que la membrane semi-lunaire se tende aussi ; réciproquement, quand la glotte s'ouvre, tout l'appareil se trouve détendu. Ainsi, en vertu des lois de la communication des vibrations, si quelqu'une de ces parties est d'abord ébranlée, toutes les autres doivent participer à son mouvement ; et comme elles tiennent aux parois mêmes du tuyau vocal, tout ce système doit résonner conjointement avec la colonne d'air et en influencer beaucoup le nombre des vibrations.

» La gravité des sons que peuvent produire les oiseaux n'est donc plus un phénomène inexplicable : elle dépend évidemment de l'élasticité des parois du tuyau vocal et de son mode d'embouchure ; mais ce tuyau présente encore une autre particularité importante à examiner, c'est qu'il est armé d'une double embouchure, disposition qui contribue beaucoup à l'intensité du son et à sa pureté. En effet, si l'on construit un tuyau d'orgues en forme d'Y, et portant une embouchure à chacune de ses deux petites branches, les qualités du son sont très différentes selon qu'on souffle dans un de ces petits tuyaux ou dans les deux à la fois : dans ce dernier cas, il acquiert une intensité et une rondeur dont il est bien loin dans le premier, et dont les tuyaux d'orgues ordinaires n'approchent jamais. Cet effet tient sans doute à ce que les ondulations parties de chacune des embouchures se superposent parfaitement dans toute l'étendue du système, ce qui augmente l'amplitude des oscillations des particules de l'air. Les sons produits ainsi peuvent acquérir de l'intensité par l'accélération du courant d'air, sans que le ton monte sensiblement ; et quand on veut faire produire en même temps des sons différents aux deux embouchures, on ne peut pas y réussir ; le plus grave étouffe toujours le plus aigu, qui se met tout de suite à l'unisson. Il est donc évident, d'après cela, que c'est principalement à la double embouchure de leur tuyau vocal que les oiseaux doivent la faculté d'émettre des sons si remarquables par leur intensité. Cette expérience serait susceptible de plusieurs applications : on voit d'abord qu'il y aurait de l'avantage à mettre une double embouchure aux tuyaux d'orgues fort

longs qui, comme on sait, parlent toujours très difficilement et ne donnent que des sons sourds et peu agréables. On conçoit ensuite que, par ce procédé, on pourrait perfectionner les cornets acoustiques, les porte-voix et les stéthoscopes.

» Il était d'autant plus nécessaire que le tuyau vocal des oiseaux présentât un moyen particulier pour le renforcement du son, qu'il est d'un diamètre très petit relativement à sa longueur; car on sait que les tuyaux dont la longueur est au diamètre environ comme 30 ou 40 est à 1, parlent avec beaucoup de peine, surtout quand on veut leur faire rendre leur son fondamental : c'est là justement le cas de la trachée-artère des oiseaux. En outre, le peu de volume de la colonne d'air semble être par lui-même un obstacle à la production des sons. Mais l'expérience montre que des tuyaux faits avec des tubes capillaires de mêmes dimensions que la trachée de nos petits oiseaux, peuvent non seulement donner avec facilité leur son fondamental, mais encore que ce son est beaucoup plus intense qu'on n'aurait pu le présumer.

» Tels sont, en général, les faits sur lesquels il nous paraît que doit reposer l'explication du mécanisme de la voix des oiseaux. On conçoit, en effet, que chez ceux dont le larynx est privé de muscles propres, comme les coqs, les perdrix, les dindons, les cailles, etc., et dont la trachée est rétrécie inférieurement, ou bien dont les bronches présentent un rétrécissement vers leur partie supérieure, l'organe est réduit à un véritable tuyau à parois membraneuses et élastiques, ébranlé par le courant d'air : en conséquence, le nombre des sons possibles doit être très limité, puisqu'il dépend uniquement de la vitesse du courant d'air, et de l'influence que les puissances qui élèvent ou qui abaissent la trachée peuvent exercer sur la tension de la partie membraneuse de l'organe. Ainsi, les sons seront d'autant plus graves que la trachée sera plus longue, que son diamètre sera plus considérable et qu'elle sera formée de parois plus minces.

» Chez les oiseaux dont le larynx présente un ou deux muscles propres susceptibles d'apporter des variations dans le diamètre de la glotte et dans la tension de l'extrémité inférieure de la trachée, le nombre des sons possibles deviendra plus grand, et les diverses intonations devront se faire avec moins d'effort de la part des organes qui servent à l'expiration. Chez certains oiseaux de cette classe, on rencontre une disposition particulière qui doit même leur permettre de varier les sons jusqu'à un certain point. Par exemple, dans le pigeon ordinaire, les diverses espèces de tourterelles et le pigeon colombin, les deux derniers anneaux de la trachée sont articulés ensemble antérieurement et postérieurement ; mais ils laissent entre eux, de chaque côté, un espace fort large qui est rempli par une membrane tendue, à la face externe de laquelle s'attache l'extrémité inférieure du muscle propre, tandis que sa face interne est recouverte par une couche d'une substance analogue à celle qui forme le cordon vocal externe des oiseaux chanteurs : à l'intersection des bronches, on trouve un bourrelet formé de cette même substance.

» Chez les oiseaux dont le larynx est environné de cinq ou six paires de muscles propres, mais sans membrane semi-lunaire, la voix est déjà plus variée ; cependant elle se réduit encore à une sorte de gazouillement assez sourd et à des espèces de cris le plus généralement aigus ; c'est ce qu'on observe dans les moineaux, les gros-becs, les roitelets, etc. En effet, outre que l'absence de la membrane semi-lunaire prive l'animal d'un moyen important pour apporter de grandes modifications dans la production des sons, elle a aussi pour résultat de diminuer le nombre

les tensions possibles de la membrane tympaniforme ; c'est comme si son étendue était moins considérable.

» Enfin, chez les oiseaux dont le larynx est pourvu de cinq ou six paires de muscles propres et de membrane semi-lunaire, cet organe présente une foule de moyens pour modifier et varier les sons d'une infinité de manières différentes. Les lèvres de la glotte formées par des cordons ou bourrelets d'une substance molle et en même temps très élastique ; le mouvement du troisième osselet et celui du petit cartilage aryténoïde, qui, sous l'influence des muscles qui les mettent en jeu, peuvent graduer avec une précision extrême le diamètre de la glotte ; et la tension des membranes semi-lunaire et tympaniforme, l'action des muscles abaisseurs de la trachée qui peuvent raccourcir cet organe ou l'abandonner à lui-même, tandis que les muscles propres impriment au larynx diverses modifications ; enfin, la ténuité excessive de toutes les membranes qui constituent cet appareil, aussi admirable par le fini de ses détails que par les résultats qu'il produit, tels sont les principaux moyens que les oiseaux chanteurs ont à leur disposition, non seulement pour varier le degré des sons, mais encore pour leur imprimer une foule de caractères particuliers dont nos instruments de musique ne sont pas susceptibles. Ainsi, le chant de la plupart des oiseaux, d'un serin, par exemple, se compose de sons de flûte, de sons qui ont une certaine analogie avec ceux de la voix humaine, de sons d'anche très criards, et les sons de chacune de ces espèces peuvent encore différer par le timbre, l'éclat et la pureté.

» Il est extrêmement probable que la membrane semi-lunaire est le principal agent de la production des sons d'anche ; car telle est la nature des sons d'un tuyau dans lequel l'air est mis en vibration par une petite membrane placée à son orifice, et telle est aussi la nature des sons que font entendre les oiseaux chez lesquels la membrane semi-lunaire est le plus développée, comme les corneilles, les pies, les geais, les étourneaux. Il est extrêmement probable que, lors de la production des sons de cette espèce, la glotte est en général plus relâchée et plus ouverte que pour la production des sons de flûte. En effet, lorsqu'on opère la section transversale de la trachée sur des oiseaux vivants, ce qui produit sans aucun doute le relâchement de la glotte, puisque les nerfs qui se distribuent au larynx inférieur sont coupés en même temps, on remarque que ces oiseaux ne peuvent plus produire que des sons plus ou moins sourds, plus ou moins criards, et toujours analogues à ceux des anches : c'est ce que j'ai pu observer sur des linottes, des alouettes, des chardonnerets, des bouvreuils, des étourneaux, etc.

» La double embouchure de la trachée des oiseaux est encore une disposition qui doit leur permettre de varier facilement les qualités des sons, et particulièrement leur intensité ; car il ne paraît pas douteux qu'ils peuvent faire parler ces deux glottes ensemble ou séparément. Ce qui le prouve, c'est d'abord que, quoique l'organe vocal soit situé dans le plan médian du corps, il ne présente cependant aucun muscle impair; ensuite, c'est que, comme nous l'avons remarqué plus haut, les parties qui constituent chaque glotte considérée en particulier sont toujours plus développées d'un côté du corps que de l'autre ; enfin, c'est que si l'on coupe sur un oiseau vivant l'un des deux nerfs qui se distribuent au larynx inférieur, il conserve son chant avec toutes les modifications qui lui sont propres, abstraction faite de l'intensité qui est sensiblement diminuée.

» La faculté d'ouvrir et de fermer plus ou moins l'extrémité supérieure de leur trachée est encore un moyen dont les oiseaux doivent faire un fréquent usage pour

modifier le son ; toutefois, l'effet qui résulte de cette action doit être bien moins considérable qu'on ne l'a prétendu ; car, lorsqu'on ferme graduellement l'extrémité d'un tuyau très étroit dans lequel on fait résonner de l'air, le son cesse de se produire après qu'il s'est abaissé d'un ton ou au plus d'une tierce mineure ; de sorte qu'il paraît que les oiseaux ne doivent guère employer ce moyen que quand il s'agit de passer subitement d'un ton à un autre qui en est peu distant, par exemple, dans les cadences.

» Enfin, le tuyau vocal des oiseaux présente une particularité fort remarquable, qui consiste dans la terminaison de son extrémité supérieure ; car l'air contenu dans le bec fait certainement partie de la colonne d'air vibrante, et l'on ne peut pas en douter quand on fait attention à la multiplicité des mouvements de la langue des oiseaux pendant qu'ils chantent, ainsi qu'aux variations continuelles qu'ils font éprouver à l'ouverture de leur bec. En effet, si l'on tire hors de la poitrine les bronches et le larynx d'un oiseau qu'on vient de faire périr, qu'on souffle de l'air dans cet organe de façon à le faire résonner, tandis qu'on ouvre le bec plus ou moins, et qu'on fait prendre différentes positions à la langue et à la tête, on remarque que ces seules circonstances peuvent faire varier le son environ d'un demi-ton. »

Toute cette partie du mémoire de Savart est d'une rigoureuse exactitude, comme faits et comparaison, et nos réflexions ne porteront que sur l'explication qu'il a donnée des sons produits par les tiges végétales.

Savart considère l'élasticité des lèvres et du tube comme un élément essentiel propre à déterminer les changements de densité de l'air, à l'orifice, par les variations périodiques de son ouverture. Nous ne saurions adopter cette opinion, attendu que les expériences de Masson ont mis hors de doute que les phénomènes seraient encore les mêmes, si l'embouchure était solide et munie d'une simple fente de grandeur et de forme invariables. Il a été démontré, en outre, par ce physicien, que l'état membraneux des parois de l'embouchure influaient sur le ton par les vibrations de celles-ci ; mais que ces vibrations n'étaient qu'un effet secondaire, le son résultant alors de la même cause que dans le sifflement oral. Dans ce phénomène, on sait très bien que l'orifice reste parfaitement fixe en dimension pour un son déterminé, et que les mouvements des lèvres, pendant l'écoulement de l'air, sont l'effet et non la cause du mouvement vibratoire de ce fluide.

Qu'il nous soit permis de faire observer que les mémoires de Savart, sur la voix humaine et celle des oiseaux, ont précédé de plusieurs années ses beaux travaux sur l'écoulement des fluides auxquels il devait mettre la dernière main pour compléter une théorie qu'il a considérée, jusqu'à ses derniers moments, comme un grand progrès vers la vérité.

Nous serions heureux si, ne pouvant achever, comme l'aurait fait ce physicien, des travaux si difficiles et si importants pour les sciences naturelles, nous étions parvenus à établir que la marche, adoptée par lui, est la seule qui puisse conduire à une théorie exacte de la voix.

Conclusions. Le son, chez les oiseaux, est produit originairement par l'écoulement périodiquement variable de l'air à travers les glottes inférieures ; il est renforcé par un tuyau membraneux qui est la trachée.

La hauteur du son dépend de la pression de l'air qui, pour un même son, peut rester comprise entre des limites données entre lesquelles la variation de pression détermine l'intensité.

Sans le tuyau, la glotte produirait des sons ascendants d'une manière continue avec la pression, comme dans la sirène ; mais la réaction des vibrations de la colonne d'air sur celles de l'embouchure maintient constant le son de l'orifice entre certaines limites de pression.

La grandeur de la glotte s'accommode toujours aux dimensions du tuyau pour la série des sons qu'il doit produire.

Le ton du tuyau est déterminé : 1° par sa longueur variable; 2° par la tension de ses parois plus ou moins membraneuses; 3° par l'ouverture variable du larynx supérieur; 4° enfin par la production d'harmoniques possibles à cause de la grande longueur du tuyau sonore et des modifications que la glotte peut recevoir indépendamment de celles de la trachée.

Les membranes tympaniforme de G. Cuvier, et semi-lunaire de Savart, réagissant par leurs oscillations sur l'état vibratoire de l'air, modifient le son et tendent à l'abaisser.

APPAREIL VOCAL ET VOIX DES REPTILES.

Tous les animaux appartenant à la classe des reptiles n'ont pas un appareil vocal propre à engendrer des sons, et ceux-là même qui possèdent un appareil de ce genre présentent de grandes différences dans la force et le timbre des sons qu'ils produisent. L'absence de larynx inférieur distingue nettement les organes vocaux des reptiles de ceux des oiseaux.

Chez les *reptiles propres*, le larynx se compose, en général, de trois pièces cartilagineuses : un cartilage principal formant un anneau complet, que l'on peut appeler cartilage *thyro-cricoïde;* deux cartilages petits et grêles qui forment une partie ou toute l'étendue du bord de la glotte, *cartilages aryténoïdes*. La cavité du larynx est unie, sans cordes vocales, sans ventricules; c'est seulement dans quelques uns de ces animaux qu'on rencontre exceptionnellement ces derniers organes. A cet appareil cartilagineux se trouvent annexés trois muscles, dont deux sont des dilatateurs, et l'autre un constricteur.

Dans les *chéloniens*, le larynx est petit, les rubans vocaux manquent complétement. G. Cuvier (1) a trouvé, dans une grande tortue de terre de Madagascar, une crête membraneuse, triangulaire, attachée au bas du larynx qu'elle partage en deux. Dans la *chelone midas*, le thyroïde est complétement distinct du cricoïde; la fente de la glotte est recouverte en avant par un repli membraneux qui tient lieu d'épiglotte, et qui peut-être sert à la production de quelques sons. Il serait inutile d'insister davantage sur les animaux qui appartiennent à cet ordre; on s'accorde généralement à reconnaître qu'ils sont privés de voix.

Dans le crocodile, le larynx est constitué par trois pièces; la glotte est purement membraneuse. Chez le *caïman à museau de brochet*, c'est un anneau cylindrique surmonté par les cartilages aryténoïdes; l'arc que forme chaque cartilage aryténoïde, en dedans de la glotte, est recouvert, et un peu débordé par la muqueuse : il existe un muscle constricteur et un muscle dilatateur de la glotte. Les crocodiles

(1) *Leçons d'anatomie comparée*, t. VIII, p. 808.

et les caïmans paraissent doués d'une voix qui a été comparée au miaulement du chat, dans le jeune âge ; à des sanglots entrecoupés ou à des mugissements, dans l'âge adulte.

Chez les *sauriens* propres, les cordes vocales manquent. La tension volontaire de la glotte permet néanmoins à plusieurs d'entre eux d'émettre des sons vocaux : je citerai les geckos, dont le cri ou croassement sourd ne peut être qu'un son laryngien. Dans le caméléon, les branches de chaque aryténoïde sont garnies d'une membrane tendue, dirigée en arrière, et vibratile. Il existe aussi un petit sac membraneux, qui s'ouvre entre la plaque inférieure du larynx et le premier anneau de la trachée.

Chez les *ophidiens*, les cartilages du larynx se soudent entre eux, de manière à se confondre. Le cartilage principal est un thyro-cricoïdien ; il est surmonté d'apophyses qui répondent aux cartilages aryténoïdes. La trachée-artère est deux à quatre fois aussi longue que le larynx ; elle est formée d'un nombre d'anneaux variable ; il y en a quarante dans l'orvet, cent dans la couleuvre à collier, trois cent cinquante dans le *python tigris*. Les serpents n'ont pas de véritable voix ; leurs sifflements ne méritent pas ce nom. Dans les crotales ou serpents à sonnettes, il existe, à l'extrémité de la queue, un appareil qui se compose de cornets écailleux, lâchement emboîtés les uns dans les autres, qui se meuvent, vibrent et résonnent, quand l'animal remue la queue. Le nombre de ces grelots augmente avec l'âge ; il en reste un de plus après chaque mue, et ils sont formés par l'épiderme du serpent, retourné sur lui-même comme un doigt de gant, et retenu à l'extrémité postérieure de la queue. Les vibrations que cet instrument accomplit, et qui produisent un bruit assez fort pour être entendu à une certaine distance, n'ont, comme on le voit, aucun rapport avec les bruits vocaux.

Dans les *reptiles amphibies*, la conformation de l'appareil vocal diffère suivant les familles. Dans les *cécilies*, le larynx ressemble à celui des ophidiens. Dans les batraciens anoures, le cartilage thyroïde manque ; il n'existe qu'un cartilage cricoïde et deux cartilages aryténoïdes. Chez les grenouilles et les rainettes, le larynx se compose d'un anneau mince, situé à la partie inférieure et postérieure de l'organe, avec deux apophyses de chaque côté, qui sont l'origine de chacune des bronches. Sur le devant de ce cartilage s'articulent deux pièces ovales, convexes en dehors, concaves en dedans, comparées par Cuvier (1) à des corps de timbales ; ce sont les cartilages aryténoïdes qui supportent à leur sommet de très petits cartilages cunéiformes. Sur le bord inférieur de chacun des aryténoïdes est tendue, en dedans, une membrane qui coupe à angle droit la direction de l'air ; le bord de cette membrane forme le ruban vocal. Outre ces cordes, il y en a encore d'autres placées au-dessous, et formées par un mince repli de la muqueuse. Au-dessus du ruban vocal est l'ouverture du ventricule de la glotte, qui occupe la cavité du cartilage aryténoïde. La trachée manque complétement. Trois muscles sont annexés à cet appareil : deux muscles dilatateurs, un muscle constricteur de la glotte.

Il existe encore, chez un grand nombre de batraciens, des organes vocaux accessoires : ce sont des espèces de poches membraneuses, extensibles, situées de chaque côté de la mâchoire inférieure, qui s'ouvrent dans la bouche sur les côtés de la langue. Ces sacs s'enflent quand les grenouilles crient ; on ne les trouve ni chez les

(1) *Loc. cit.*

grenouilles femelles, ni chez les crapauds. On se rend ainsi compte du caractère éclatant que présente la voix des mâles des batraciens. Les sacs dont il s'agit servent, en effet, au renforcement du son ; ils reçoivent l'air chassé avec bruit du larynx, et l'y font rentrer aussitôt par la contraction de la couche musculaire dont ils sont revêtus. Ce mécanisme explique encore comment ces animaux, qui ont une respiration si peu active, peuvent soutenir longtemps les exercices vocaux, et peut-être même produire sous l'eau un léger grognement.

Dans le *pipa*, le larynx est une boîte cartilagineuse, oblongue, échancrée en arrière dans son bord moyen et inférieur, d'où l'on voit sortir deux petites bronches. La glotte représente une ouverture étroite entre les sommets des aryténoïdes. Deux espèces de rubans vocaux se voient de chaque côté, en avant l'un de l'autre, dans la profondeur de la glotte. A l'intérieur de l'organe se trouvent deux tiges cartilagineuses, qui agissent à la manière de languettes en forme de verges ; en sorte que, par une exception singulière, dans l'organe vocal du pipa mâle, les sons seraient produits, suivant certains auteurs, par des corps solides qui vibrent.

APPAREILS PRODUCTEURS DU SON DANS LES INSECTES.

Les sons que font entendre les insectes ne sont pas formés, comme chez les animaux supérieurs, par un organe vocal à conformation variable ; ils sont dus, le plus souvent, à des ébranlements imprimés aux enveloppes de ces animaux par des appareils musculaires spéciaux, ou bien encore au frottement de certaines parties de leur corps contre d'autres. Aussi est-il rationnel de désigner, avec Dugès (1), ces divers bruits sous le nom de *stridulation* plutôt que sous le nom de *voix*. En effet, la voix a, comme nous l'avons vu, pour organe un instrument à vent ; la stridulation se produit par un mécanisme tout différent.

Quelques insectes engendrent des sons en frappant ou en frottant contre des corps durs certaines parties de leur squelette cutané. C'est ainsi que les mâles du *mycterus curculioides* cognent avec une telle violence l'extrémité de leur corps contre le bois sur lequel ils se sont posés, qu'il en résulte un son assez fort. Les *vrillettes*, en oscillant vivement sur leurs six pattes, frappent de leurs mandibules fermées le bois des vieux meubles ; et c'est de cette manière que se produisent les pulsations que l'on entend surtout dans la nuit et qu'on a parfois attribuées mal à propos aux psoques ou poux de bois.

Les sons aigus que font entendre beaucoup de *coléoptères* résultent du frottement de leur prothorax contre le pédoncule du mésothorax, ou du frottement de l'abdomen contre la face interne des élytres.

Chez les mâles de plusieurs *acridides*, les cuisses, qui sont munies, sur leur face interne, d'une saillie âpre longitudinale, jouent comme un archet de violon sur les bords latéraux de leurs élytres. Chez les *locustides* et les *achétides* mâles, le cri particulier à ces animaux est produit par le frottement de l'une des élytres contre une côte cornée qui existe à la face inférieure de l'autre élytre.

Le *bourdonnement* que beaucoup de diptères et d'hyménoptères font entendre en volant est dû aux vibrations imprimées au thorax par les contractions rapides des muscles des ailes pendant le vol. Ce qui prouve qu'il n'est pas le résultat du seul mouvement des ailes, c'est qu'il persiste après l'ablation de ces organes.

(1) Dugès, *loc. cit.*

On paraît s'être complétement trompé en l'attribuant à l'air qui traverserait rapidement les stigmates du thorax et provoquerait ainsi des vibrations dans cette partie du corps.

Les *cigales chanteuses mâles* présentent un appareil producteur du son qui mérite d'être signalé. Cet appareil occupe la face inférieure du premier segment abdominal. L'instrument sonore ou *timbale* est une membrane sèche, grisâtre, élastique, soutenue par des arcs cornés, et encadrée par une pièce cornée immobile. Deux muscles s'attachent à cette membrane : l'un, très petit, a pour usage d'augmenter la tension de la timbale ; l'autre, beaucoup plus fort, la déprime. C'est par les alternatives de tension et de relâchement de la timbale qu'on peut expliquer la production des vibrations sonores. Celles-ci sont encore rendues plus fortes par un appareil de renforcement énergique, auquel sert tout le corps de la cigale. Les parois écailleuses, dures et sèches du corps de l'animal représentent assez bien la caisse d'un instrument de musique. Une grande cavité aérienne occupe le thorax, une autre l'abdomen, et toutes deux communiquent, par un espace triangulaire, entre les deux muscles de la timbale.

DE LA PAROLE.

Avec la raison, l'homme a reçu, de plus que les animaux, la faculté d'exprimer et de reproduire ses pensées par la *parole*. Constamment on a vu le perfectionnement de la langue d'un peuple devenir le mobile fécond de son avancement et de sa supériorité : puissant ressort de nos progrès et de notre civilisation, la parole nous fait sortir du cercle de nos besoins physiques, pour élever l'édifice de nos relations morales, en nous permettant de manifester nos vœux, d'enrichir nos semblables des fruits de notre expérience, de recueillir leurs idées et de leur communiquer les nôtres.

La *parole* est la voix articulée, c'est-à-dire modifiée par le jeu de divers organes qui se rencontrent depuis le larynx jusqu'aux orifices antérieurs de la bouche et des fosses nasales. Chacun des organes servant à la parole remplit un rôle qui lui est propre, et toutes les fois qu'un d'eux est altéré dans ses fonctions, la parole elle-même subit une atteinte plus ou moins profonde dans son émission et dans sa pureté. Le pharynx, les fosses nasales, les diverses parties constituantes de la bouche, le voile du palais et la luette, la langue, les joues, les lèvres et les dents concourent à accomplir cet acte important

Dans l'étude de la parole, il y a à considérer la *production* des divers sons que l'homme peut engendrer (1), leur *articulation* et leur *conjugaison*.

Parmi les sons, les uns se rapportent aux *voyelles* et les autres aux *consonnes*.

Avec Haller (2), on ne saurait admettre que les *voyelles* exigent seulement une ouverture plus ou moins grande de la bouche pendant l'émission de la voix, et que ni la langue ni les lèvres ne concourent à leur formation : « *Vocales unice apertura oris majori et minori formantur, dum vox efflatur, neque hic lingua ad labia aut ad aliam partem adliditur.* » Nous verrons bientôt que le mécanisme même de la formation des voyelles est contraire à cette opinion. Ce qu'on peut dire, c'est que les voyelles paraissent résulter de sons vocaux ou laryngiens presque

(1) Voyez plus haut le chapitre sur la *Voix*.
(2) *Elementa physiologiæ corporis humani*, t. III, p. 462, in-4. Lausanne, 1766.

purs, à peine articulés. Les voyelles ont encore une autre propriété : leur son peut être soutenu pendant quelque temps sans rien perdre du caractère primitif. Jamais deux voyelles ne peuvent être prononcées à la fois.

Il semble, de prime abord, que rien ne soit plus facile que de préciser le mécanisme à l'aide duquel chaque voyelle est produite ; il existe pourtant, à cet égard, des dissidences entre les divers physiologistes qui se sont occupés de cette question.

Dans le but d'apprécier exactement ce mécanisme, Gerdy (1) s'est attaché à étudier par la vue, au miroir, les mouvements qui se passent dans les divers organes qui servent à la prononciation. Comme, parmi ces organes, il en est dont la situation est profonde, et que leurs mouvements pourraient être cachés par ceux des lèvres, il devient nécessaire, pour bien apprécier ces mouvements, d'ouvrir, et de maintenir ouvertes avec les doigts, les lèvres et la cavité buccale. Cette méthode d'expérimentation est utile : mais il ne faut pas se dissimuler que, pour l'articulation de certains sons, elle peut donner des résultats erronés en mettant précisément obstacle au jeu régulier de plusieurs parties qui y coopèrent. Toutefois, en l'expérimentant sur soi-même, on lui reconnaît des avantages réels.

Gerdy (2) divise les voyelles en deux groupes : les voyelles *distinctes* et les voyelles *confuses*. Les premières frappent clairement l'oreille, et on les discerne nettement les unes des autres ; ce sont : *a*, *è*, *é*, *i*, *o*, *u*. Les secondes sont formées de sons que l'oreille distingue difficilement de certaines voyelles du premier groupe ; tel l'*e* muet, qui se rapproche beaucoup du son *eu*, mais qui diffère de ce dernier en ce qu'il n'a pas la même clarté et se fait à peine entendre.

Les voyelles distinctes constituent deux classes : les voyelles *simples* et les voyelles *composées*. Les premières résultent de la forme particulière du tuyau vocal pendant qu'il est traversé par le son ; les secondes, appelées *voyelles nasales*, *in*, *an*, *un*, *on*, sont produites par le retentissement des sons vocaux dans les fosses nasales.

Les voyelles simples sont réparties en trois groupes, et chacun de ces groupes se rattache à une différence dans le mécanisme même de la production. J'examinerai ici ce mécanisme dans le même ordre que Gerdy, et, chemin faisant, je signalerai quelques observations qui me sont particulières.

a. — Le premier groupe de voyelles simples se compose de *a*, *è*.

Pour prononcer ces deux lettres, l'isthme du gosier représente une fente verticale un peu plus large en bas qu'en haut ; le voile du palais s'étend en voûte, et la luette se raccourcit. Dans la prononciation de l'*a*, la bouche est librement ouverte, la langue est abaissée, surtout vers la pointe. Dans la prononciation de l'*è*, comme dans *fête*, la langue est plus élevée, mais je me suis assuré sur moi-même que l'isthme du gosier figure une fente plus large que pour *a*.

b. — Le deuxième groupe de voyelles simples comprend *é*, *i*. L'isthme du gosier formerait, d'après Gerdy, une ouverture plus large, bornée en bas par la surface soulevée de la base de la langue, en haut par le voile du palais, en dehors par les piliers écartés. Je ferai remarquer qu'il est à peu près impossible de prononcer ces deux lettres en tenant la bouche ouverte ; il est donc bien difficile d'apprécier les changements qui se passent au niveau de l'isthme du gosier.

Pour *é*, la bouche est ouverte en fente transversale, le corps de la langue est

(1) GERDY, *Physiologie*, t. I, p. 777.
(2) *Ouv. cit.*, p. 778.

appliqué au palais. Pour *i*, la langue s'approche davantage du palais, ainsi que de la luette.

c. — Le troisième groupe de voyelles simples se compose de *o*, *ou*, *eu*, *u*. On peut le subdiviser en deux ordres : dans le premier comprenant *o*, *ou*, l'isthme du gosier est conformé comme pour la prononciation de l'*a*; dans le second comprenant *eu*, *u*, l'isthme du gosier est, suivant Gerdy, configuré comme dans *é*.

Pour la lettre *o*, les lèvres sont froncées en rond et allongées en canal, la pointe de la langue est abaissée et retirée en arrière des incisives inférieures.

Pour le son *ou*, les lèvres sont froncées ou plus allongées que dans *o*.

Pour le son *u*, l'ouverture de la bouche est plus étroite.

La classe des voyelles nasales se compose de *in*, *an*, *un*, *on;* ces voyelles sont constituées par la succession d'un retentissement buccal et d'un retentissement nasal. Le mécanisme de la prononciation de ces voyelles est très facile à saisir : *in*, *an*, *un*, *on*, se prononcent de la même manière que *i*, *a*, *u*, *o*, en y ajoutant un retentissement de la colonne d'air dans les fosses nasales.

Segond (1) a exposé, sur la formation des voyelles simples, un mécanisme moins complexe que celui qui vient d'être mentionné. Il fait d'abord observer que l'on a trop cherché à spécialiser la forme du tuyau vocal, pour chaque voyelle en particulier, et que, dans ce tuyau, il existe des parties qui peuvent se suppléer pour l'émission d'une voyelle : c'est ainsi que l'*o*, qui demande une configuration particulière de l'ouverture antérieure de la bouche, peut aussi être produit par l'isthme du gosier, quoique les lèvres soient maintenues écartées.

Si l'on fait passer la voix à travers la bouche, en donnant aux lèvres et aux mâchoires un degré d'écartement moyen, on produit le son *a*. Laissez les mâchoires dans la même position, et ramenez progressivement les lèvres en avant, de manière à allonger la cavité buccale, vous donnerez lieu successivement à la formation des sons *ò*, *â*, *o*, *ô*. Joignez au mouvement des lèvres le rapprochement graduel des mâchoires, vous aurez les sons *eu*, *ou* et *u*.

Disposez le tuyau vocal comme pour la formation de l'*a*, puis portez le dos de la langue vers le palais, de manière à rétrécir graduellement l'espace qui se trouve entre ces deux organes, vous produirez ainsi les sons *ê*, *è*, *é*, *i*.

Quant à la prononciation des *consonnes*, elle exige, selon Gerdy, deux mouvements : un préliminaire, qui consiste tantôt dans des mouvements des lèvres, tantôt dans l'occlusion momentanée du canal oral ; puis un mouvement d'articulation qui consiste surtout dans l'ouverture subite du canal oral, et dans l'émission brusque de l'air préalablement retenu, et enfin dans l'explosion simultanée de la consonne. Un caractère commun à toutes les consonnes, c'est qu'aussitôt après l'articulation de la lettre, le canal de la prononciation prend une disposition analogue à celle qu'il affecte dans les voyelles ; aussi le son propre à la consonne disparaît-il rapidement pour faire place au son de la voyelle. La prononciation des consonnes est donc en quelque sorte instantanée ; il est impossible de la prolonger comme celle des voyelles.

Il y a peut-être un peu d'exagération dans ces idées, et il n'existe pas entre les voyelles et les consonnes une différence aussi tranchée.

(1) *Mémoire sur la parole.* Dans les *Archives de médecine*, 1847, 4e série, t. XIV, p. 34

Dans un travail déjà cité, Segond (1) établit une classe spéciale de consonnes, qu'il appelle *consonnes soutenues*, et qui peuvent être prolongées comme les voyelles. Les mouvements du tuyau vocal qui servent à les former n'agissent pas comme pour une véritable articulation : nous citerons pour exemples *s*, *ch*, χ des Grecs, etc. Aussi Segond a-t-il proposé une classification des consonnes qui s'éloigne de la classification précédente. Nous reviendrons sur son travail.

Les consonnes peuvent être divisées en *consonnes simples* et en *consonnes composées*. Les premières font entendre un son consonne, uni à un son voyelle ; les secondes font entendre deux sons consonnes simultanément. C'est ainsi que dans le mot *blâmer*, les consonnes *b* et *l* se prononcent en même temps, et donnent deux sons qui se suivent si rapidement qu'ils semblent confondus ; ces consonnes forment donc par leur réunion une consonne composée.

Gerdy (2) a divisé les consonnes simples en neuf genres, et il a étudié avec un grand soin le mécanisme de la prononciation de chacune d'elles.

Le premier genre renferme le *b* et le *p*, que cet auteur appelle consonnes *labiales ;* elles résultent de l'occlusion des lèvres et de leur écartement subit.

Le deuxième genre comprend le *v* et le *f ;* ce sont les consonnes *dento-labiales ;* elles résultent de l'application des dents supérieures à la lèvre inférieure, suivie de l'écartement brusque de ces organes.

Le troisième genre de consonnes renferme le *z*, le *c* des Espagnols et le θ des Grecs. Le mécanisme de la prononciation de ces consonnes est simple ; la pointe de la langue est portée entre les incisives et ensuite retirée.

Le quatrième genre comprend le *z* français, le *j*, le *ch* (dans *char*) ; ce sont les *linguales antérieures sifflantes*. Pour *z* et *s*, la pointe de la langue dirige l'air contre les dents supérieures, et s'applique à la partie antérieure de la voûte palatine. Pour *j* et *ch*, la pointe de la langue est élargie, s'approche du palais en se recourbant en haut, et se recule un peu plus que dans les consonnes précédentes.

Le cinquième genre est formé par les consonnes *linguales antérieures muettes ;* ce sont : *l*, *r*, *d*, *t*.

Pour la prononciation de l'*r*, la pointe de la langue est portée vers le palais, des mouvements vibratoires sont imprimés à la langue ; puis la pointe de cet organe est détachée du palais pour articuler la consonne.

Pour *l*, le canal de la prononciation est incomplétement fermé ; l'air s'échappe sur les côtés.

Pour *d* et *t*, le canal de la prononciation est entièrement fermé ; la langue est appliquée au palais et touche les dents.

Le sixième genre forme le genre des consonnes *linguales ;* ces consonnes ont pour caractère d'être articulées par le corps de la langue. Ce sont : *y*, dans *moyen ; dieu*, *thieu*, dans *Dieu* et *Matthieu ; ch*, dans *licht* (mot allemand qui signifie lumière) ; *g*, dans *gand ; q*, dans *quai*. Suivant Gerdy, ces consonnes sont articulées par le corps même de la langue ; dans toutes, excepté dans *ch* de *licht*, la langue s'applique au palais par un premier mouvement, et s'en écarte ensuite pour articuler la consonne.

Le septième genre ne renferme qu'une consonne gutturale qui manque à la langue française ; c'est le *j* des Espagnols, dans *juez ;* le *ch* des Allemands, dans *machen*.

(1) *Rec.* et *mém. cit.*
(2) *Loc. cit.*

Le huitième genre comprend les consonnes *nasales m*, *n*, qui exigent un abaissement du voile du palais et le retentissement du son dans les fosses nasales. En même temps, pour la prononciation de l'*m*, les lèvres agissent comme dans *b*; pour la prononciation de l'*n*, elles agissent comme dans *d*. Gerdy fait observer, à ce sujet, que l'on peut considérer les lettres *m* et *n* comme un *b* et un *d* passés par le nez.

Enfin, le neuvième genre ne renferme qu'une seule lettre, c'est l'*h* aspiré, comme dans *hallebarde*, *humer*, etc. Pour prononcer cette lettre, le pharynx et l'isthme du gosier sont d'abord resserrés, puis a lieu dans ces organes un relâchement qui coïncide avec l'expiration et fait résonner la consonne.

Le lecteur trouvera dans le tableau suivant un abrégé de la classification des voyelles et des consonnes proposée par Gerdy :

Voyelles. .	1er groupe.	*a*, *è*.
	2e groupe.	*é*, *i*.
	3e groupe.	*o*, *ou*, *eu*, *u*.
	4e groupe.	*in*, *an*, *un*, *on*.
Consonnes.	1er genre. .	Consonnes labiales, *b*, *p*.
	2e genre. .	Consonnes dento-labiales, *v*, *f*.
	3e genre. .	— — — *z*, *c* (espagnols).
	4e genre. .	Consonnes linguales antérieures sifflantes, *z*, *s*, *j*, *ch*.
	5e genre. .	— — — muettes, *l*, *r*, *d*. *t*.
	6e genre. .	Consonnes linguales, *y*, *ch*, *ll*, *g*, *q*, *dieu*, *thieu*.
	7e genre. .	Consonnes gutturales, *j* (espagnol), *ch* (allemand).
	8e genre. .	Consonnes nasales, *m*, *n*.
	9e genre. .	— — *h* aspiré.

Tel est, d'après Gerdy, le mécanisme de la prononciation des voyelles et des consonnes; occupons-nous à présent de *la conjugaison* des sons.

On désigne sous ce nom la prononciation successive des voyelles et des consonnes : c'est ainsi que se constituent les syllabes. On conçoit que les voyelles et les consonnes puissent se combiner ensemble d'une foule de manières, et donner lieu à un nombre considérable de syllabes. Gerdy a fait un curieux calcul sur le nombre de syllabes que l'on peut former à l'aide des *douze* voyelles et des *vingt-sept* consonnes précédemment énumérées : ce calcul l'a conduit au chiffre énorme de huit mille sept cent douze syllabes, comprenant à la fois les syllabes voyelles, les syllabes à consonnes simples et les syllabes à consonnes composées.

La classification de cet auteur s'éloigne beaucoup de celle de Haller (1) qui divise les consonnes en muettes, explosives, nasales et liquides. Parmi les consonnes muettes, il range les lettres *s*, *z*, *f*, *v*, *w*, *ch* des Grecs, *j* des Espagnols, *th* des Anglais; parmi les explosives, les lettres *b*, *p*, *d*, *t*, *d*, *k*, *g* ; parmi les nasales *m*, *n* ; parmi les liquides *l*, *r*, etc.

Bordenave (2) divise les consonnes en deux classes : celles qu'il nomme semi-voyelles et celles qu'il appelle consonnes propres. Les semi-voyelles sont *n*, *m*, *l*, *r*

(1) *Elementa physiologiæ*, t. III, p. 466. Lausannæ, 1766.

(2) *Essai sur la physiologie ou la physique du corps humain*, 4e édition, t. I, p. 220.

les deux premières sont des consonnes nasales, les deux dernières des consonnes orales. Les consonnes propres sont *k*, *t*, *q*, *f*, *ch*, *s* ou *muettes*, et *g*, *d*, *b*, *v*, *j*, *z*, *x*, ou *murmurantes*. Bordenave a du reste bien saisi le mécanisme de la formation de ces lettres, et leur a assigné les noms de linguales-palatines, linguales-dentales, labio-labiales, labio-dentales, etc., etc., suivant les organes qui concourent à leur prononciation.

Magendie (1) s'est éloigné des idées de ses prédécesseurs relativement à la division des lettres en voyelles et consonnes. Ce physiologiste ne reconnaît que des *lettres vocales* et des *lettres non vocales*. Pour lui les lettres *vocales* consistent en des modifications de la voix, les lettres *non vocales* sont complétement indépendantes de la voix. Les lettres vocales sont *a*, *è*, *é*, *e*, *i*, *o*, *ò*, *u*, *eu*, *ou*, *u*, *b*, *p*, *d*, *t*, *l*, *g*, *k*, *m* et *n*. Les lettres non vocales sont *f*, *v*, *s*, *x*, *z*, *j*, *r*, *h*. Cette division paraît fort simple, et à ce titre, elle mériterait d'être mentionnée ; mais il est impossible de la laisser passer sans lui faire une objection : la première classe, c'est-à-dire la classe des lettres vocales en renferme plusieurs qui ne résultent pas de simples modifications de la voix, et qui exigent une véritable articulation : tels sont le *p*, le *t*. D'un autre côté, parmi les lettres désignées plus haut sous le nom de *lettres non vocales*, il en est qui exigent l'intervention de la voix, comme *v*, *z*, *j*.

J. Müller (2) blâme la distinction qu'on a établie pour les sons de la langue parlée, d'après les organes qui sont réputés les produire. Cette distinction lui paraît vicieuse, car elle réunit des sons qui diffèrent les uns des autres au point de vue physiologique, et d'ailleurs plusieurs des mêmes parties de la bouche servent à l'articulation de la plupart des sons. Pour le même auteur, la différence entre les consonnes et les voyelles est moins grande qu'on ne l'a prétendu ; on peut réduire les voyelles comme les consonnes à de simples bruits lorsqu'on parle à voix basse. Aussi pense-t-il que, pour bien apprécier les propriétés des divers sons de la parole, il faut prendre *le parler* à voix basse ou le chuchotement pour point de départ, puis rechercher les modifications qui surviennent par l'addition du son proprement dit, ou de l'intonation.

Le système des sons muets, de la parole à voix basse, se compose de voyelles muettes, de consonnes muettes et soutenues, et de consonnes muettes explosives. Les voyelles muettes sont *a*, *e*, *i*, *o*, *ou*, *œ*, *æ*, *ü*, et les voyelles nasales *a*, *æ*, *œ*, *o*. Ces voyelles diffèrent des consonnes muettes en ce que ces dernières ne naissent que dans le tuyau placé au-devant de l'organe vocal, c'est-à-dire dans la cavité orale et nasale, tandis que les voyelles se forment dans la glotte. Les voyelles muettes diffèrent des voyelles prononcées à haute voix, en ce que dans ce dernier cas la glotte, au lieu d'un simple bruit, produit un véritable son. La formation des voyelles s'explique par le degré de largeur de l'orifice buccal, et par le degré de largeur de ce que Kempelen a désigné sous le nom de canal oral, c'est-à-dire de l'espace qui s'étend entre le larynx et le palais.

Les consonnes muettes et soutenues ont pour caractère de pouvoir être prononcées pendant un temps aussi long que l'haleine le permet, sans qu'il survienne une modification dans les parties de la bouche qui concourent à les former. On peut soutenir la prononciation des lettres *f*, *s*, *r*, etc., tandis que les consonnes muettes explosives ont un caractère tout à fait opposé : celles-ci ne peuvent être prononcées que pendant un temps très court : exemple : *b*, *d*, *p*, etc.

(1) *Physiologie*, t. I.
(2) *Manuel de physiologie*, t. II, p. 238. Traduction de Jourdan.

Les consonnes soutenues, admises par J. Müller, sont : *h*, *m*, *ng*, *f*, *ch*, *sch*, *s*, *r*, *l*. Elles sont divisées en trois classes.

La première classe renferme les consonnes soutenues orales, dont l'émission exige que le *canal oral* soit entièrement ouvert. Il n'y a ici qu'une seule lettre, c'est la lettre *h* aspiré.

La seconde classe comprend les consonnes soutenues nasales, dont l'émission exige que le *canal nasal* soit entièrement ouvert. Nous trouvons ici *m*, *n*, *ng*. L'air traverse le canal nasal, et la cavité orale est close, soit par les lèvres, soit par la langue appliquée au palais. La bouche se ferme, à l'aide des lèvres, pour la prononciation de l'*m*; elle est fermée par la pointe de la langue pour la prononciation de l'*n*; par l'application du dos de la langue, pour la prononciation de *ng*.

La troisième classe se compose des consonnes soutenues orales, dont l'émission exige que certaines parties de la bouche se mettent en opposition les unes avec les autres, comme des espèces de valvules. Ces parties qui se mettent en opposition sont les lèvres, les dents, la langue et le palais, pour prononcer les lettres *f*, *ch*, *sch*, *s*, *r*, *l*.

Pour *f*, les lèvres se placent comme pour souffler, et le *v* n'en est qu'une modification ; l'ouverture des lèvres est seulement plus arrondie pour *f* que pour *v*.

Pour le *ch* qui correspond au χ des Grecs, la langue se rapproche du palais, et l'air passe à travers un intervalle étroit ménagé entre les deux organes.

Pour *s*, les dents sont rapprochées ou même en contact, et la pointe de la langue touche celles de la rangée inférieure.

Pour *r*, la langue vibre contre le palais; mais il y a deux sortes d'*r* : l'*r* pur ou lingual, dans la production duquel la langue est la partie vibrante, et le voile du palais reste en repos; l'*r* guttural, pour lequel la langue demeure tranquille et le voile du palais vibre.

Pour l'*l*, la pointe de la langue s'applique immédiatement au palais, et l'air ne passe que des deux côtés, entre elle et les joues.

Les consonnes muettes explosives sont β, γ, δ et leurs modifications π, κ, τ. Elles présentent toutes ce caractère que la situation des parties de la bouche qui sert à les former change d'une manière brusque ; la formation de ces consonnes commence par la fermeture de la bouche et se termine par son ouverture; le caractère fondamental de ces consonnes est leur durée instantanée.

Elles sont subdivisées par J. Müller en consonnes explosives simples β, γ, δ, *b*, *d*, *g*, et en consonnes explosives aspirées, *p*, *t*, *k*. Ces dernières diffèrent des autres en ce qu'une aspiration se joint à l'ouverture de la bouche.

On voit que d'après cette étude, tous les sons principaux de la parole articulée appartiennent au système de la parole à voix basse. Il n'y aurait qu'un petit nombre de modifications des consonnes dont la formation exige la consonnance de la voix et qu'on ne puisse faire sortir à voix basse, le *j* allemand, le *j* français, le *ge*, le *z* français, l'*l* avec intonation, l'*l* muet, l'*r* avec intonation.

Le système des sons de la parole à haute voix se compose de voyelles et de consonnes.

Pour les voyelles, la situation de la bouche est la même que dans la prononciation à voix basse ; le son se produit dans le larynx, et il est modifié par le canal pharyngien, par le canal oral et par l'ouverture buccale.

Les consonnes sont divisées par Müller en deux classes :

La première classe renferme toutes les consonnes qui restent muettes dans la parole à haute voix. Il les divise : 1° en *explosives*, *b*, *d*, *g*, *p*, *t*, *k*; pour toutes ces consonnes, l'intonation de la voix vient après qu'elles ont été prononcées; 2° en *continues*, c'est l'*h*; lorsqu'on prononce cette lettre, on reconnaît que l'éclat de la voix ne sort pas en même temps qu'elle, et que l'aspiration s'éteint aussitôt que l'air produit un son en traversant les cordes vocales.

La seconde classe de consonnes renferment celles qui, dans la parole à haute voix, peuvent être aussi bien prononcées muettes, c'est-à-dire comme simple bruit, qu'avec intonation de la voix. Ces consonnes sont tantôt exprimées par des lettres particulières, comme le *z* et le *j*, pour l'*s*, le *sch* avec intonation, tantôt par un *e* muet placé après *l*, *m*, *n*, *r*.

Dans un mémoire, que j'ai déjà cité en parlant du mécanisme de la formation des voyelles, Segond (1) a émis des idées qui diffèrent de celles qui ont été mentionnées jusqu'ici. Je ne reviendrai pas sur ce mécanisme à propos des voyelles, mais j'insisterai plus spécialement sur celui de la formation des consonnes.

Segond distingue deux ordres de consonnes : les consonnes *soutenues* et les consonnes *non soutenues*.

Les premières peuvent être *soutenues* comme les voyelles. Les mouvements du tuyau vocal qui servent à les former n'agissent pas en produisant une véritable articulation; l'air ou le son arrive plus ou moins librement à l'extérieur sans être brisé ou arrêté. Parmi ces consonnes, il faut d'abord citer l'*h*, dont la formation dépend d'un état particulier des lèvres de la glotte; celles-ci, au lieu de s'écarter comme pour l'expiration ordinaire, se rapprochent de manière que l'air puisse les traverser sans les mettre en vibration, en produisant une sorte de sifflement. Viennent ensuite les lettres *s*, *ch*, *χ* des Grecs et *ch* des Allemands. Ces consonnes sont produites par l'air qui s'échappe entre le palais et la langue préalablement rapprochés; la situation de la langue par rapport au palais varie d'ailleurs pour chacune de ces lettres. Lorsque la pointe de la langue s'applique à la partie antérieure de la voûte palatine, de manière à livrer passage à l'air par une très petite ouverture, il y a formation de l'*s*; si l'étranglement est constitué par le milieu du dos de la langue et le palais, on obtient le *ch*; si c'est la base même de la langue qui se porte vers le palais, on a le *χ* des Grecs ou le *ch* des Allemands.

Le *f* se prononce en forçant l'air à passer entre le milieu de la lèvre inférieure et les dents incisives supérieures. Le *th* dur des Anglais est produit lorsque le courant d'air passe entre les incisives supérieures et le bout de la langue.

Pour transformer les trois lettres *s*, *ch*, *f* en *z*, *j*, *v*, il suffit d'ajouter aux premières l'intonation de la voix; aussi est-il impossible de prononcer *z*, *j*, *v*, sans le secours de la voix.

La lettre *r* est aussi une consonne soutenue; pour la former, la langue est fixée par ses bords à la voûte palatine, et il y a un roulement de la pointe.

La lettre *j* des Espagnols résulte d'un roulement de la luette sur le milieu de la partie postérieure de la langue.

Les consonnes *non soutenues* sont plus nombreuses que les précédentes, et le mécanisme de leur formation demande à être examiné avec quelques détails.

Pour les trois consonnes *p*, *b*, *m*, on trouve l'explication de leur mode de pro-

(1) *Loc. cit.*

nonciation dans l'occlusion des lèvres et leur écartement subit combiné de diverses manières avec la voix. Ainsi on prononce le *p* toutes les fois qu'il y a simultanéité entre le détachement des lèvres et l'émission de la voix; le *b*, lorsque le détachement des lèvres est précédé par un retentissement de la voix; le *m*, quand la séparation des lèvres est précédée d'un retentissement de la voix dans les fosses nasales.

Pour les consonnes *t*, *d*, *n*, *l*, l'extrémité de la langue se porte vers la partie antérieure de la voûte palatine; mais cette action est combinée de différentes manières avec la voix.

Pour le *t*, il y a simultanéité entre le détachement de la langue et l'émission de la voix.

Pour le *d*, le murmure de la voix précède le détachement de la langue.

Pour *n*, la voix devance l'articulation et va retentir dans les fosses nasales.

La lettre *l* diffère de la lettre *d* en ce que, pour le *d*, l'occlusion de la bouche est complète, tandis que pour *l* l'extrémité seule de la langue s'applique exactement au palais, le son passe entre les bords de la langue et les dents molaires.

Pour les consonnes *q*, *g*, *gn*, *ll*, le milieu de la langue s'applique au palais, et le mécanisme de leur formation réside dans le mode de combinaison du jeu de la langue et du palais avec l'émission de la voix.

Pour la lettre *q*, le détachement de la langue coïncide avec l'émission de la voix; pour la lettre *g*, la voix retentit dans le pharynx et la bouche avant le détachement de la langue; pour *gn*, la voix retentit dans les fosses nasales avant le détachement de la langue; pour *ll*, le dos de la langue s'applique au palais, et le son retentit dans la bouche en passant entre les bords de la langue et les molaires.

Segond considère la lettre *x* comme une consonne composée, formée soit par la réunion de *gs*, comme dans *exalté*, qui se prononce comme s'il y avait *egzalté*; soit par la réunion de *qs*, comme dans *expérience*, qui se prononce comme *eqspérience*.

Le tableau suivant résume le travail de Segond :

Voyelles simples. . . .	*a*, *à*, *â*, *o*, *ô*, *eu*, ou *u*. *ê*, *è*, *é*, *i*.	
Voyelles composées ou nasales.	*an*, *in*, *on*, *un*.	
Consonnes soutenues. . .	*h*, *s*, *ch*, *χ*, *ch* (des Allemands). *f*, *th* (anglais), *c* (espagnol). *z*, *j*, *v*, *r*, *j* (espagnol).	
Consonnes non soutenues.	*p*, *b*, *m*. . .	Jeu des lèvres combiné avec la voix.
	t, *d*, *n*, *l*. .	Jeu de la langue combiné avec la voix.
	q, *g*, *gn*, *ll*.	Jeu du milieu de la langue combiné avec la voix.
Consonne composée. . . .	*x*.	Formé de *gz* ou de *qs*.

Quel que soit le mécanisme de l'articulation des diverses lettres, on comprend qu'il est nécessaire que les organes qui forment le tuyau vocal soient dans une intégrité complète pour que la voix puisse en recevoir les modifications indiquées précédemment. Toute maladie, tout vice de conformation de ces organes apportent des entraves à l'exercice régulier de la parole : une division congénitale ou accidentelle du voile du palais, une tuméfaction de la langue ou de la mu

queuse des fosses nasales, un bec-de-lièvre, etc., altèrent inévitablement la prononciation. Il faut pourtant noter ici que l'on a peut-être un peu exagéré l'importance de l'intégrité de ces diverses parties pour l'accomplissement régulier de l'exercice de la parole. Sous ce rapport, on a fait jouer à la langue un rôle que des observations nombreuses ont beaucoup amoindri. On a généralement admis que la présence de la langue tout entière était nécessaire pour articuler les sons; mais il a été reconnu que des personnes auxquelles une portion plus ou moins considérable de cet organe avait été enlevée, soit par une gangrène partielle, soit par une opération, avaient conservé la faculté de parler, et de parler assez distinctement.

Plusieurs faits de ce genre ont été insérés par Louis (1) dans un travail présenté à l'Académie de chirurgie; je me bornerai à en citer quelques uns.

A. Paré rapporte qu'un individu qui avait une portion de la langue coupée resta pendant trois ans sans pouvoir parler; que le hasard l'ayant un jour conduit à pouvoir articuler quelques sons au moyen d'une écuelle qu'il s'était placée entre les dents, il eut l'idée de se faire construire un instrument spécial dont il se servit ensuite avec le plus grand succès pour parler.

De Jussieu a vu, à Lisbonne, une fille âgée de quinze ans et née sans langue, qui s'acquittait de toutes les fonctions que cet organe accomplit dans l'état normal. On ne voyait dans la bouche et dans toute la place que la langue y occupe ordinairement qu'une petite éminence en forme de mamelon, élevée d'environ 3 ou 4 lignes. Cette jeune fille portugaise parlait si distinctement et avec tant de facilité, qu'à moins d'en être prévenu, on n'aurait jamais pu croire qu'elle fût privée de l'organe réputé l'instrument essentiel de la parole.

On trouve, dans les *Transactions de la Société royale de Londres* (2), un exemple analogue au précédent :

Une jeune femme de vingt ans prétendait avoir perdu la langue, à l'âge de quatre ans, par le fait d'une affection cancéreuse de l'organe. Les commissaires de la Société royale, chargés de faire un rapport sur ce cas, s'étant livrés à un examen scrupuleux, ne trouvèrent aucun vestige de la langue; et malgré l'entière privation d'un organe aussi nécessaire pour la parole et pour aider à la déglutition, le sujet s'acquittait de cette dernière fonction, et avalait des aliments solides et liquides aussi bien qu'une personne dont la langue n'aurait subi aucune déperdition de substance. *A l'égard de la voix, cette femme parlait aussi couramment et aussi distinctement qu'une autre personne;* elle articulait bien les lettres et les autres syllabes, prononçait les voyelles aussi bien que les consonnes et les mots qui paraissent exiger le plus de secours de la langue. Elle articulait les mots en chantant comme tout le monde.

Une fille âgée de vingt ans, observée par Bonami (3), médecin de Nantes, avait eu une gangrène partielle de la langue à l'âge de huit à neuf ans pendant le cours d'une petite vérole maligne. Elle perdit la faculté de parler, et pendant les deux ou trois premières années qui suivirent, elle ne fit entendre que des sons confus et mal articulés. Au bout de quelque temps, elle commença à bégayer, puis elle articula quelques mots avec effort; enfin elle finit par parler distinctement.

(1) *Mémoire physiologique et pathologique sur la langue.* Dans *Mém. de l'Acad. de chir.*, édit. in-4°, t. V, p. 486.
(2) Année 1742, n° 464.
(3) LOUIS, *Mém. de l'Acad. de chirurgie*, loc. cit.

Il n'entre pas dans le plan de cet ouvrage d'étudier avec détail tous les vices de la parole; je me contenterai de les signaler.

La perte complète de la parole, ou le *mutisme*, ne s'observe guère que dans certains cas d'idiotisme et dans la surdité de naissance. Il y a dans la parole deux actes bien distincts : un premier acte tout intellectuel qui consiste à prêter un sens convenu d'avance à un son déterminé ; un second acte qui consiste à reproduire ce son par le mécanisme qui a été exposé précédemment. Pour comprendre la valeur d'un son, il faut que l'oreille le perçoive, et c'est là ce qui explique comment les enfants qui viennent au monde avec une surdité complète ne peuvent jouir des bénéfices de l'éducation commune. Il faut employer pour eux d'autres moyens que ceux qui sont généralement usités, et c'est ainsi qu'on parvient à leur communiquer des notions dont ils seraient restés éternellement privés.

Le *bredouillement* consiste dans l'articulation précipitée, incomplète, des mots : il est bien moins le résultat d'une organisation mauvaise des organes de la parole que d'une disposition fâcheuse de l'organe cérébral : le bredouillement s'observe dans deux conditions opposées, chez les gens dont l'imagination très vive conçoit à la fois trop de pensées pour que celles-ci aient le temps d'être exprimées, et chez ceux qui, par le fait d'une sorte de paresse intellectuelle, ne prennent pas le temps nécessaire pour exprimer leur pensée.

Le *balbutiement* est un vice de la parole tout à fait opposé au précédent : il consiste dans une hésitation de la parole qui est entrecoupée, traînante, peu distincte ; les émotions morales en sont le plus souvent la cause.

Le *grasseyement* est dû à la mauvaise articulation de la lettre *r*, à son remplacement par une autre consonne, ou même à sa suppression complète.

La *blésité* consiste dans la substitution de certaines consonnes à d'autres : de la lettre *l* à la lettre *r*, de la lettre *j* à la lettre *z*, de la lettre *v* à la lettre *f*.

Le *bégaiement* est une affection caractérisée par une difficulté plus ou moins grande dans l'émission de la parole, difficulté souvent accompagnée d'un certain trouble dans les mouvements des muscles respirateurs. On a expliqué le bégaiement de plusieurs manières, ou plutôt on en a donné plusieurs théories, et l'on a fondé sur chacune d'elles des modes de traitement bien différents. Je n'entrerai pas dans l'examen de ces diverses questions, et sous ce rapport je renvoie le lecteur aux traités spéciaux sur le bégaiement (1).

DES SENS EN GÉNÉRAL.

I. Afin d'établir des rapports avec le monde extérieur, nous possédons des appareils organiques susceptibles de recevoir, de la part des corps environnants

(1) Consultez : REIL, *Diss. de vocis et loquelæ vitiis*. Halle, 1793. — ITARD, *Mém. sur le bégaiement*, dans *Journ. univ. des sc. méd.*, 1817, t. VII, p. 129. — VOISIN (Félix), *Du bégaiement; ses causes, ses différents degrés*, etc. Paris, 1821. — SERRES, *Mém. sur le bégaiement*. Dans *Journ. des difformités*, etc., n° 11, 1829. — HERVEZ DE CHÉGOIN, *Recherches sur les causes et le traitement du bégaiement*. Dans *Journ. général de méd.*, 1830, t. III, p. 206. — MAGENDIE, *Rapport sur un moyen de guérir le bégaiement de madame Leigh, de New-York*. Dans *Journal général de médecine*, 1828, t. CIII, p. 78. — COLOMBAT, *Du bégaiement et de tous les autres vices de la parole, traités par de nouvelles méthodes*, 2e édit. Paris, 1831, in-8°. — A. BECQUEREL, *Traité du bégaiement et des moyens de le guérir*. Paris, 1843.

certaines impressions spéciales et de les propager à un nerf qui, à son tour, les transmet à l'encéphale : là, elles produisent une sensation, transformée elle-même, par une élaboration inconnue, en une perception, c'est-à-dire, en une sensation dont nous avons conscience. Ces appareils, au nombre de cinq, sont appelés *organes des sens.*

Pour que cette dénomination puisse, anatomiquement parlant, être attribuée à une partie de notre corps, il faut que cette partie ait à son service : 1° un appareil spécial plus ou moins complexe et destiné à recueillir des *impressions externes ;* 2° un nerf ou moyen de communication avec l'encéphale ; 3° un point de l'encéphale, capable de les élaborer.

Sous le rapport physiologique, l'organe de sens est chargé de mettre l'animal en relation avec les corps extérieurs, pour que, d'une part, celui-ci en reçoive des impressions, et que, de l'autre, il réagisse sur eux. Il résulte de là que les impressions qui ont leur siége dans quelque muqueuse ou dans un organe parenchymateux, impressions dont la cause n'est pas le contact d'un corps extérieur, ne produisent pas de sensations proprement dites, mais trahissent seulement un besoin qui veut être satisfait pour que la vie puisse se continuer.

Parmi les animaux sans vertèbres, il en est qui manquent d'un ou de plusieurs sens, et, parmi les vertébrés, il y en a qui sont pourvus de sens, sauf le toucher, plus délicats et plus précis que ceux de l'homme : mais, en général, ce dernier surpasse les animaux en ce que ses sens sont tous uniformément et également développés ; il les surpasse surtout en ce que son esprit charge l'appareil sensoriel, ce pont jeté entre le monde matériel et le monde immatériel, de refléter des idées capables d'occuper l'intelligence et d'entraîner le cœur ; en d'autres termes, l'homme a sur les animaux l'avantage d'ennoblir les sensations que lui procurent les sens.

Y a-t-il des êtres doués d'organes de sens qui nous manquent ? Nous ne le savons pas. L'expérience tend à établir quelques faits de ce genre, mais ces faits ne permettent pas de conclure qu'il en soit ainsi réellement. Rien ne répugne, du reste, à supposer qu'il y ait, dans l'univers, des corps munis de propriétés dont il nous est impossible de nous faire une idée, parce que nous n'avons pas l'organe sensoriel spécial pour en acquérir la connaissance.

Les sens ne nous donnent pas des notions absolues du monde extérieur ; ils ne font que le réfléchir comme ferait un miroir, et nous ne pouvons savoir jusqu'à quel point les images réfléchies correspondent à leurs objets réels. Cependant il est permis d'admettre que, les organes de tous les hommes étant analogues et les causes physiques des impressions étant les mêmes, la perception doit s'opérer chez tous de la même façon, si toutefois des circonstances accidentelles ne s'y opposent pas.

A propos de l'étude des sens, en général, s'offrent naturellement les questions suivantes : nos idées sont-elles exclusivement acquises à l'aide de ces mêmes sens, ou sont-elles innées, exclusivement fournies par l'âme, ou bien proviennent-elles de ces deux sources à la fois ?

Les réponses à ces questions, dont nous nous occuperons seulement à l'occasion des facultés intellectuelles, se résument en deux systèmes philosophiques qui, sous le nom de *sensualisme* et d'*idéalisme*, se sont toujours combattus. Les partisans de l'un cherchent l'origine de nos connaissances en dehors d'eux ; les partisans de l'autre, en eux-mêmes. Les premiers observent trop, et, s'occupant trop de la matière, ne réfléchissent pas assez ; les derniers réfléchissent trop, et,

ayant trop de principes, ne se livrent pas suffisamment à l'observation. Chacun de ces deux systèmes, pris séparément, ne présente néanmoins qu'une moitié d'un seul système, aussi incapable d'être scindé qu'il est impossible de scinder la nature humaine, d'isoler l'élément matériel de l'élément immatériel. Nous puisons nos idées à plusieurs sources, et le corps et l'âme participent à leur génération.

II. Les organes des sens ont cela de particulier, qu'ils commencent leur vie bien auparavant leurs fonctions ; les autres organes, au contraire, la commencent au moment même où leurs fonctions s'établissent : ainsi, les vaisseaux naissent avec la circulation, tandis que l'œil est formé longtemps avant que la vision se manifeste pour la première fois.

L'appareil physique de chaque sens est d'autant plus complexe, que le point de l'économie où cet appareil a son siége doit moins contribuer à l'accomplissement d'autres fonctions. Ainsi, pour ce qui concerne le tact qui réside dans la peau dont chaque particule remplit plusieurs fonctions, l'appareil physique, afin de ne pas gêner ces fonctions, est presque nul ; il est déjà un peu modifié pour le toucher, qui n'est lui-même qu'une modification du tact porté à un degré plus élevé. Pour la langue, organe appelé à remplir plusieurs fonctions, mais moins nombreuses que celles de la peau, l'appareil physique est déjà plus complexe sans qu'il perde pourtant certains caractères de simplicité. Le nez, remplissant encore moins de fonctions que la langue, possède un appareil physique plus compliqué que celui du goût. Les nerfs sensoriels des trois organes de sens dont nous venons de parler n'ont besoin, pour recevoir l'action de leurs excitants, que de plonger par leur extrémité périphérique dans une membrane où ils puissent présenter à ces excitants le plus grand nombre possible de points de contact. Des papilles, des plis et replis suffisent à cet effet. Les nerfs optique et acoustique, au contraire, se rendant chacun à un lieu où il ne doit y avoir qu'une seule fonction, ont chacun aussi un appareil physique des plus complexes, et c'est grâce à lui que les ondes lumineuses et sonores sont recueillies, conduites, concentrées, réfractées, réfléchies, etc.

De tous les sens, c'est le tact seul qui s'exerce pendant la vie intra-utérine ; car le fœtus réagit, par un mouvement, sous une pression faite au ventre de la mère, même sous l'application du froid et du chaud. Aussitôt après la naissance, c'est encore la peau de l'enfant qui, exposée à l'air, commence la première sa fonction tactile ; la respiration réveille l'odorat ; l'introduction des aliments dans la cavité buccale, le goût ; les mouvements volontaires, le toucher ; enfin s'établissent la vision et l'audition.

Aussitôt que les organes des sens sont entrés en exercice, ils constituent un tout complet. Voilà pourquoi la perte d'un sens peut, jusqu'à un certain point, être compensée par le service d'un autre ; pourquoi le développement parfait d'un sens ne peut être atteint qu'en prenant en considération le développement simultané d'un ou même de plusieurs autres. La vue est aidée et souvent rectifiée par le toucher, l'ouïe par la vue, et quelquefois par le concours de la vue et du toucher, etc. Aucun des sens ne peut toutefois faire défaut sans qu'il y ait en même temps une grande lacune dans la sphère de nos connaissances : il en est parmi eux, surtout deux, qui sont si intimement liés à notre intelligence que leur absence transforme l'homme presque en une plante.

Si les sens ont un rapport intime avec notre esprit, ils en ont un aussi avec

notre corps : tantôt ils le surveillent, tantôt ils le protégent. L'odorat est le gardien de la respiration ; le goût, de l'appareil digestif; le toucher sert de guide aux organes locomoteurs, etc. Il est naturel que les organes des sens aient avec le système nerveux des relations plus étroites qu'avec tout autre système, puisque l'idée d'organe de sens renferme déjà à demi l'idée d'organe nerveux. La liaison qui existe entre les organes des sens et le système musculaire est encore très évidente ; car plus un organe de sens a de muscles, plus aussi son développement et sa vie sont augmentés. Pour se pénétrer du rapport des organes des sens avec la nutrition, il suffit de se rappeler que la nutrition est la première manifestation de la vie en général, et que la réaction en est une seconde, mais portée à une sorte de deuxième puissance. Si donc, dans la vie des sens, cette dernière manifestation est indispensable, la première ne l'est pas moins. En effet, le plus ou moins d'activité d'un sens marche de front avec le plus ou moins de nutrition de son organe, et *vice versâ.* Une grande fatigue de la vision peut amener une inflammation de l'œil ; le défaut d'action d'un sens entraîne bientôt le dépérissement de son organe.

Les organes des sens, à l'instar du système nerveux, sont plus ou moins soumis à la loi de périodicité. Placés entre ce système et le monde extérieur qui également obéit à une périodicité, ils doivent la plus grande partie de la leur à l'une et à l'autre, et le restant à celle des autres systèmes de l'économie. Cette périodicité se déclare d'une manière particulière dans l'œil, et ici elle dépend aussi bien de la périodicité diurne du lever et du coucher du soleil que de la périodicité de réparation de l'innervation après son épuisement. La périodicité de l'odorat est liée à celle de la respiration ; celle du goût, à la réception périodique des aliments ; le toucher et l'ouïe ne reconnaissent d'autre périodicité que celle qui se rattache à la réparation et à la déperdition de l'innervation.

III. Chacun de nos sens peut manifester une sensation consécutive, c'est-à-dire une excitation qui, provoquée par un objet extérieur, persiste encore après que cet objet extérieur a cessé d'agir sur ce sens. Sous ce rapport, l'exemple le plus connu nous est fourni par un charbon incandescent suspendu à un fil, tournant rapidement en rond, et décrivant ainsi un cercle de feu. Une oreille délicate, qui, pendant plusieurs heures de suite, a entendu un tintement aigu de cloches, entendra encore ce tintement, quand même ces cloches ne sonneront plus. Si, pendant longtemps, on comprime dans la paume de sa main une pièce de monnaie, on la sentira encore lorsque cette pièce n'y sera plus. Celui qui, sans interruption, a été pendant plusieurs jours cahoté dans une mauvaise voiture, surtout en passant sur un chemin raboteux, croit encore éprouver les commotions de son corps lorsqu'il est tranquillement couché dans son lit. Les sensations consécutives du goût sont trop nombreuses et trop vives pour qu'il soit nécessaire d'en citer un exemple. Les sensations consécutives de l'odorat sont moins connues : la circonstance que des particules odorantes peuvent être retenues sur la muqueuse nasale, ou dans les sinus voisins, et agir encore sur le nerf olfactif lorsque le corps dont elles émanent est déjà soustrait au champ olfactif, fait que l'on a contesté à l'odorat les sensations consécutives. Ne serait-il pas possible qu'ici la sensation consécutive de particules odorantes déjà soustraites au nerf olfactif se confondît avec la sensation première d'autres particules qui agiraient encore sur ce nerf?

Les phénomènes de la sensation consécutive peuvent s'expliquer de la manière suivante : un excitant extérieur agit sur un organe de sens, et le fait par conséquent sortir de son état de repos pour le mettre dans un état d'excitation. Si maintenant l'excitant cesse d'agir sur l'organe de sens, celui-ci doit naturellement revenir à son état de repos. Cependant ce passage ne se fait pas brusquement ; il s'établit, au contraire, lentement, successivement, de sorte que jusqu'au repos absolu, l'excitation du nerf sensoriel persiste bien, mais en diminuant peu à peu d'énergie.

Comme chaque excitation d'un nerf sensoriel entraîne une sensation conforme à la nature de ce nerf, le passage successif de cet état d'excitation à l'état de repos doit aussi être accompagné d'une sensation, diminuant, à son tour, successivement d'intensité.

Pour généraliser le phénomène de la durée des sensations consécutives, on pourrait formuler la loi suivante :

La durée de la sensation consécutive est en raison directe de la durée ou de l'intensité de l'impression de l'agent extérieur.

Les sensations consécutives sont proportionnellement plus longues dans les sens qui se rattachent à la vie végétative que dans ceux qui s'adressent à la vie intellectuelle ; toutes néanmoins rentrent dans la catégorie des sensations subjectives, et par conséquent peuvent, à la longue, conduire à des erreurs.

IV. Les erreurs des sens peuvent dépendre de plusieurs causes, qui sont physiques, physiologiques ou psychologiques.

1° *Causes physiques.* — Elles se trouvent dans les phénomènes du monde extérieur. Ainsi un objet éloigné se projette sur la rétine, et par conséquent fait naître dans la perception une image plus petite que le même objet plus rapproché de l'œil. Un son fort, venant de loin, n'est pas autrement perçu que le même son faible, mais proportionnellement plus près de l'oreille. Un objet extérieur bien éclairé paraît trouble lorsque les ondes lumineuses qui en émanent traversent une atmosphère nébuleuse.

On peut rapporter à ces causes les impressions trop prolongées (sensations consécutives) et celles qui se font sur les sens d'une manière à laquelle ils ne sont pas habitués, comme l'écho, la ventriloquie, le mirage, etc.

2° *Causes physiologiques.* — Elles résident dans une modification de l'organe de sens lui-même. Ainsi une cataracte commençante rend les objets extérieurs troubles; un cristallin fendu en deux les fait voir doubles. Une forte congestion sanguine, qui atteint le nerf acoustique, peut produire dans l'oreille un bruit semblable à celui du vent qui souffle dans une forêt. Si l'on met à cheval le doigt médius sur l'index de la même main, on éprouvera, en touchant avec les points de jonction de ces deux doigts un petit corps sphérique, la sensation de deux corps. Un fil tourné en spirale autour d'un bâtonnet, qui exécute rapidement des mouvements de rotation autour de son axe, paraît se mouvoir en serpentant selon sa longueur, etc.

A ces causes d'erreurs, nous pourrions rapporter ces impressions extérieures sur un nerf sensoriel qui sont capables d'épuiser sa sensibilité : ainsi une odeur forte et permanente émousse l'organe de l'olfaction pour quelque temps; un bruit étourdissant prive l'oreille de la faculté de percevoir des sons plus faibles : une lumière éblouissante empêche l'œil de voir, etc.

3° *Causes psychologiques.* — Elles dépendent de l'activité intellectuelle. Ainsi le défaut d'attention ou d'intérêt, pour un objet extérieur, peut faire que l'organe de sens ne les reçoive pas d'une manière qui leur soit conforme, circonstance qui doit nécessairement modifier les idées que ces impressions produisent dans l'entendement.

Toutes les erreurs des sens ne sont que des erreurs sur la quantité, la qualité ou la localité des corps extérieurs. La vue et l'ouïe en commettent plus que le toucher et tous les trois, à l'état de santé, plus que l'odorat et le goût : mais, lorsque, le corps est malade, ces deux sens, intimement liés à la vie végétative, sont sujets à plus d'erreurs que les autres.

Des deux sens qui s'adressent particulièrement à l'intelligence, c'est la vue qui commet plus d'erreurs que le toucher, et voici pourquoi : 1° Pendant la veille, la vue est occupée presque sans interruption ; l'esprit est presque constamment occupé de sensations visuelles ; le toucher, au contraire, est moins souvent employé. 2° Le champ de la vision est infiniment plus étendu, et embrasse, par conséquent, plus d'objets que celui du toucher. 3° La vue étant un sens médiat et le toucher un sens immédiat, les modifications que le milieu lumineux peut subir, depuis son origine jusqu'à l'image visuelle, n'existent pas pour l'image tactile.

Tous les sens veulent être occupés, et leur énergie diminue à mesure qu'ils restent plongés dans l'inactivité. On peut dire qu'à l'état de veille, la vue, l'ouïe et le toucher trouvent toujours de l'occupation, quand même ces occupations ne seraient pas toujours bien sérieuses ; l'odorat et le goût sont moins favorisés sous ce rapport. Quelle position pénible que celle de ne pas dormir pendant une nuit obscure et silencieuse ! Combien de fois ne faisons-nous pas du bruit en chantant ou en sifflant ? Que de fois, machinalement, il nous arrive d'agiter une canne ou tout autre objet que nous tenons à la main, pour arracher nos organes de la vue, de l'ouïe et du toucher à leur inertie ! Ne pourrait-on pas dire que, pour désennuyer et réveiller de temps à autre le goût et l'odorat, on a inventé le *priser*, le *fumer* et le *chiquer ?*

Les organes des sens, étant formés par des tissus qui presque tous appartiennent aussi à d'autres organes, sont sujets à toutes les altérations qui peuvent atteindre ces derniers ; de plus, ils ont des altérations spécifiques qui, pourtant, ne reposent en général que sur une augmentation, une diminution ou une modification qualitative de la sensation.

Du reste, les maladies et même la mort des sens, bien que ceux-ci exercent une action immense sur la vie intellectuelle, sont presque insignifiantes pour la vie matérielle ; le plus souvent, elles n'empêchent même pas l'individu de jouir d'une santé relative. Enfin, lorsque la mort naturelle doit avoir lieu, l'œil se ferme le premier, l'odorat meurt avant le goût, le toucher avant le tact et la sensation de température ; l'ouïe est le sens qui s'éteint après tous les autres.

V. Les nerfs sensoriels, jusqu'à une époque assez rapprochée de nous, étaient supposés ne pouvoir transmettre à l'encéphale que certaines qualités des corps : le nerf optique, la lumière ; le nerf acoustique, les vibrations sonores, etc. Mais cette manière de voir, vraie dans la très grande généralité des cas, n'était pourtant pas encore assez étendue. L'observation prouve que le même excitant, appliqué aux différents nerfs sensoriels, éveille dans chacun d'eux une sensation différente, quoique toujours la même pour chaque nerf en particulier. Ainsi l'électricité, appliquée sur l'œil, provoque dans cet organe des phénomènes lumineux ; appliquée sur l'oreille, des sons :

sur le nerf olfactif, une odeur analogue à celle du phosphore ; sur la langue, une saveur ou acide, ou alcaline ; sur les nerfs tactiles, des commotions. Il en est de même d'autres excitants, bien qu'il ne soit guère possible de les appliquer indistinctement à tous les organes des sens, et de produire, par conséquent, constamment une sensation déterminée. Le même coup de poing senti par les nerfs cutanés, donné sur l'œil, y fait naître un flamboiement, et sur l'oreille une sensation de son. L'agent chimique qui rougit douloureusement la peau provoque une saveur dans le nerf gustatif, et, s'il peut se volatiliser, une odeur dans le nerf olfactif. Quand même certains excitants ne seraient pas directement appliqués aux organes des sens, ils peuvent encore, mêlés avec le sang, produire des phénomènes qui sont habituels à ces organes : les narcotiques, par exemple, introduits dans l'économie, peuvent provoquer des sifflements dans les oreilles, des images lumineuses dans les yeux, etc.

Puisque la lumière, le son, les effluves odorants, etc., ne sont pas seuls à produire dans les yeux, les oreilles, le nez, etc., les sensations qui correspondent à ces qualités des corps, et qu'il y a encore d'autres excitants qui engendrent les mêmes phénomènes dans ces organes des sens, on peut donc formuler la loi suivante :

Un agent extérieur quelconque, capable d'exciter un nerf sensoriel, mais différent de l'agent qui lui est habituel, est aussi capable de provoquer par le concours de ce même nerf la sensation qui lui est spéciale.

Le fait, énoncé dans la loi précédente, est susceptible d'être généralisé encore davantage. Tout le monde connaît les *hallucinations* des sens, dont l'étude, si propre à jeter une vive lumière sur plusieurs phénomènes sensoriels, laisse encore tant à désirer. Ces hallucinations sont provoquées dans les nerfs sensoriels, non pas par des excitants extérieurs, mais par des excitants purement intérieurs ; elles se présentent, il est vrai, plus souvent et avec plus d'intensité, lorsque le système nerveux est troublé par une maladie. Ainsi, l'inflammation du nerf optique produit des sensations lumineuses ; une congestion cérébrale, des bourdonnements d'oreilles ; dans certaines affections, les nerfs tactiles font éprouver aux malades du froid, du chaud, une formication ; dans d'autres, on sent des odeurs et des saveurs particulières. Tous ces faits autorisent à formuler une deuxième loi physiologique :

Un agent extérieur quelconque ne peut faire naître, à l'aide d'un nerf sensoriel, une sensation qu'un excitant intérieur ne puisse également faire naître à l'aide de ce même nerf.

Les phénomènes sensoriels, qui doivent leur origine à un excitant étranger à notre corps portent le nom d'*objectifs;* ceux, au contraire, dont l'excitant est en nous, s'appellent *subjectifs*. Un homme peut ne pas avoir dans un organe de sens des sensations objectives et en avoir de subjectives. L'aveugle qui a une opacité complète du cristallin peut se procurer des sensations lumineuses en comprimant son globe oculaire. Un sourd dont les osselets auriculaires sont détruits par la carie peut, à la suite d'une forte congestion cérébrale, entendre un bourdonnement très désagréable pour lui. Du reste, les sensations produites par des excitants objectifs sont les plus fréquentes, et, toutes choses égales d'ailleurs, les mêmes chez tous les individus qui se portent bien. Les sensations subjectives sont les plus rares et constituent en grande partie les hallucinations.

La sensation, bien que toujours la même dans sa nature, se modifie de cinq ma-

nières différentes, mais il est impossible de transporter à tel sens l'impression propre à tel autre ; car nous pensons (1) que la spécialité fonctionnelle des nerfs, en général, dépend d'une essence et d'une origine propres ; qu'il y a, dans la structure de chacun d'eux, dans leur mode d'agir, quelque particularité relative aux fonctions et à la nature de l'organe qu'ils vont animer ; nous croyons que chaque nerf sensoriel possède en lui certaines propriétés *inaliénables*, une réceptivité spéciale pour certaines impressions, et non pour d'autres. Nous ne pouvons donc voir avec l'oreille, ni entendre avec l'œil ; les saveurs ne peuvent être reçues par l'organe de l'olfaction, et si, comme cela arrive quelquefois, on compare une odeur à une saveur, c'est un jugement que l'on porte sur des choses hétérogènes. L'aveugle de naissance qui distingue les couleurs avec la pulpe de ses doigts n'a aucune idée de la lumière : les diverses couches de couleur provoquent en lui des sensations tactiles qu'il rapporte, par son jugement, à la lumière. Il en est alors de lui comme de nous, lorsque, sur une échelle thermométrique, nous apprécions la température avec nos yeux. Certes, l'excitation d'un nerf peut, par l'intermédiaire de l'encéphale, devenir un excitant pour un ou plusieurs autres nerfs : ainsi une lumière éblouissante produit une sensation de pression dans les nerfs sensitifs de l'œil ; un bruit pénétrant, comme le grattement sur une pierre ou sur un morceau de verre, fait naître une crispation dans les nerfs cutanés ; mais ces phénomènes ne sont que des cosensations engendrées par une seule excitation, qui agit sur deux organes différents dans lesquels ces sensations courent parallèlement et tout à fait conformément à la nature de cette excitation. Nous pouvons donc formuler une troisième loi :

Tout nerf sensoriel possède une faculté spéciale en vertu de laquelle il est exclusivement organisé pour une seule espèce de sensations, et incapable de toute autre ; en sorte que la substitution d'un sens à un autre, à l'effet d'obtenir par ce dernier la même sensation qu'a ordinairement le premier, est impossible.

Les trois lois que nous venons d'énoncer font assez voir ce qu'a de défectueux l'ancienne hypothèse, d'après laquelle les organes des sens conduiraient, jusqu'à la conscience, les qualités des corps d'une manière passive et nous donneraient de ces mêmes corps une connaissance immédiate. Ce n'est pas la lumière objective que le nerf optique transmet à l'encéphale : elle n'est qu'un excitant qui produit seulement un phénomène lumineux par la coopération de ce nerf. La corde qui vibre n'engendre pas encore le son, mais le son est produit lorsque la corde vibrante agit sur le nerf acoustique, tandis qu'en agissant sur la peau, elle fait naître dans les nerfs tactiles la propriété qui leur est spéciale, c'est-à-dire de petites commotions alternatives, un chatouillement, un frémissement. La sensation est donc le résultat simultané de l'agent excitant et de la fonction spéciale du nerf : l'un et l'autre la produisent et ils y sont au même degré actifs et passifs.

Si, comme nous venons de le voir plus haut, un sens ne peut être substitué à un autre, néanmoins les sens se rendent mutuellement de grands services : sans la vue, par exemple, l'ouïe n'apprécierait pas toujours la distance du son. Un sens se rend même quelquefois utile à un autre par le fait seul qu'il ne fonctionne pas ou qu'il n'existe pas ; car le sens qui existe, n'étant pas troublé dans son action par celui qui ne fonctionne pas ou qui n'existe pas, peut alors mieux s'exercer et arriver plus

(1) Voyez notre *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. II, p. 179. Paris, 1842.

facilement au plus haut degré de perfection. Combien de fois ne ferme-t-on pas le yeux pour mieux entendre une musique? Cependant, il y a aussi des cas qui fon exception à cette règle. Ainsi il est souvent difficile au fumeur le plus ardent qui a les yeux bandés de découvrir si son tabac brûle encore ou non, et au gourmet le plu raffiné de distinguer constamment, sans la vision, les diverses variétés du même vin

VI. Nous nous proposons de tracer, dans les pages suivantes, un parallèle de divers sens les uns avec les autres.

1° *Parallèle de la vue et de l'ouïe.*— Les phénomènes lumineux et sonores doiven leur origine à des vibrations : sans les vibrations de l'éther, l'œil ne verrait pas sans celles de l'air, l'oreille n'entendrait pas. La lumière engendre les sept couleur du prisme, le son les sept tons de l'octave. Le son n'indique qu'un état passage d'un corps; la couleur en est une propriété permanente, tant que la dispositio moléculaire de ce corps ne change pas. Les couleurs présentent un plus gran nombre de nuances que les sons; mais, lorsqu'il s'agit de produire une unité total par la combinaison de plusieurs sons ou de plusieurs couleurs, les premiers on l'avantage sur les dernières. Deux sons qui se sont harmonieusement combiné font entendre non seulement leur accord, mais aussi chacun des deux se fait en tendre en particulier. Au contraire, l'association de deux couleurs fait naître un couleur nouvelle dans laquelle l'œil ne distingue plus les couleurs primitives qu la composent. Quelque rapide que soit une succession de tons, l'oreille les dis tingue ; mais un disque diversement coloré et tournant autour de son axe, mêm avec une vitesse relativement moins grande, ne laisse plus voir aucune de se couleurs, qui toutes se confondent en celle du gris.

L'ouïe entretient avec la vie, en général, des rapports plus intimes que la vue Des sensations sonores très fortes exercent sur le système nerveux une action plu pénétrante que des sensations visuelles. Le rhythme, qui est si propre au sens d l'audition, se communique aisément à tout l'organisme : qui n'a pas éprouvé su son esprit les effets d'un *adagio* ou d'un *allegro?* Qui ne s'est trouvé forcé, e entendant une marche militaire, d'adapter ses pas à la mesure de cette musique Les couleurs ne nous offrent rien d'analogue.

La manière dont les organes de la vision et de l'audition recueillent et élaborer les impressions extérieures diffère essentiellement. L'œil embrasse le champ de l vision en un seul instant, mais vaguement ; l'oreille ne perçoit qu'un son indivi duel, qu'une seule harmonie, mais avec précision. Le sens de la vue décompos l'ensemble indéterminé qu'il reçoit en idées partielles, les éclaire, pour ainsi dire afin d'arriver à la netteté de l'idée totale par la voie de l'analyse ; l'oreille, a contraire, combine les tons divers pour en faire une mélodie, et procède par syn thèse. L'œil, en analysant, se dirige volontairement vers les objets divers qui s trouvent dans le champ de la vision ; l'oreille, en recevant les vibrations sonores reste immobile, mais elle est entraînée involontairement au torrent de la mélodie L'œil va au-devant de ce qui lui est agréable, fuit ce qui lui déplaît, reflète l'esprit et l cœur, se dérobe même, par l'occlusion des paupières, à la nature visible. L'oreill ne fait que recevoir, et ne reflète rien ; elle est toujours ouverte, toujours exposée subir les impressions du monde extérieur, elle n'a pas de moyen propre d'échapper ce qui lui déplaît. Aussi l'organe de la vision a-t-il sur l'organe de l'audition un prédominance d'activité : dès qu'il a connaissance de la lumière et des couleurs, leur donne, au moyen d'un travail intérieur, des formes déterminées, en rapportai

chaque point de la rétine affecté par un rayon lumineux a un point déterminé de l'espace d'où ce rayon est venu, et il crée ainsi, par la réunion de tous ces rapports, le monde de ses idées. Quant à l'organe de l'ouïe, s'il rapporte à des corps extérieurs les impressions qu'il en a reçues, ces impressions sont plus vagues et plus indéterminées ; pour créer le monde des idées sonores, l'âme n'a qu'à appliquer aux sons un ordre successif. Le sens de l'ouïe finit donc son rôle avec la perception, tandis que celui de la vue agit encore lorsque la perception a déjà eu lieu. Voilà pourquoi les sensations auditives réclament moins d'activité de la part de l'âme que les sensations visuelles. L'esprit, dans ses méditations, est moins troublé par des bruits que par les objets qui s'adressent au sens de la vue. On pourrait dire que la forme visible va droit à l'intelligence, la forme sonore aux sentiments affectifs.

Tout le monde connaît la puissance de la musique : une fausse note blesse l'oreille plus qu'un faux coloris ne blesse l'œil ; une mauvaise musique nous déplaît plus qu'une mauvaise peinture ; pour jouir d'une bonne musique, il suffit de l'écouter, et pour jouir d'un bon tableau, il faut d'abord le comprendre.

On a avancé que la vue et l'ouïe ont sur les autres sens l'avantage de pouvoir se rappeler volontairement ce qu'ils ont donné. Est-il bien certain que l'odorat ne puisse se rappeler l'odeur de l'éther sulfurique, de l'hydrogène sulfuré, de l'assa fœtida, etc. ; le goût, la saveur du sucre, du sel, du poivre ; le toucher, la forme d'un cube, d'une boule ? etc. Dans tous ces cas, il est vrai, l'imagination vient aider la mémoire des sens.

Si maintenant nous passons au parallèle anatomico-physiologique des sens de la vue et de l'ouïe, nous trouvons que tous les deux, comme d'ailleurs les autres sens, ont un appareil physique pour recevoir les impressions extérieures, et un moyen de communication avec l'encéphale. L'appareil physique se compose, pour la vision, des paupières, de la cornée, de la sclérotique, des diverses *chambres* et des parties nombreuses qu'elles renferment, jusqu'à la rétine ; pour l'audition, de l'oreille externe, de l'oreille moyenne et du labyrinthe avec ses humeurs, ses sinuosités, etc. Les moyens de communication sont le nerf optique avec son expansion, la rétine ; le nerf acoustique avec son expansion dans le labyrinthe.

L'appareil physique de la vue est à celui de l'ouïe comme la physique de la lumière est à la physique du son. Sans prendre en considération ici la transformation de la peau en muqueuse plus ou moins parfaite, à l'entrée des deux organes (conjonctive et membrane interne du conduit auditif) ; ni les follicules situés entre les faces adhérentes de ces membranes et les cartilages (glandes de Meïbomius et glandes cérumineuses) ; ni les productions pileuses situées à l'endroit même où l'enveloppe générale change de nature (cils et vibrisses auriculaires), nous dirons que le conduit auditif externe correspond à la cornée et à la chambre antérieure, la membrane du tympan à l'iris, la caisse du tympan à la chambre oculaire moyenne, les osselets au cristallin, et l'humeur de Cotunni au corps vitré. L'analogie de ces diverses parties entre elles repose, d'une part, sur leur disposition anatomique, et, de l'autre, bien plutôt sur l'identité de leurs fonctions qui consistent à conduire les ondes sonores et lumineuses et à en renforcer les effets. Ce renforcement est obtenu, dans l'œil et dans l'oreille, conformément à la nature de la lumière et du son. La lumière, en traversant les corps, change de direction : elle devient divergente ou convergente par réfraction. Le son, au contraire, conserve sa direction en traversant les corps qui, selon leur nature, le concentrent ou l'affaiblissent. La réfraction

est donc dans la vision l'agent principal, la conductibilité l'est dans l'audition. Ce dernier sens, pour arriver à la concentration des ondes sonores, a même recours à la réflexion.

Les parties constitutives et en apparence si différentes des organes de la vue et de l'ouïe, exercent des fonctions analogues : la cornée représentant le conduit auditif externe, l'une et l'autre reçoivent la première action de la lumière et du son ; l'une et l'autre les concentrent et les conduisent aux organes situés plus profondément, la cornée le fait par réfraction, et le conduit auditif externe par réflexion. L'iris sépare la chambre antérieure de la chambre moyenne ; la membrane du tympan sépare le conduit auditif externe de la caisse du tympan. L'iris (sans pupille pendant une certaine partie de la vie intra-utérine) est entouré de liquide ; la membrane tympanique, d'air. Quant aux fonctions de ces deux membranes, celle du tympan sert à modifier en plus ou moins l'énergie du son ; l'iris, l'intensité de la lumière. Toutes deux ne sont pas directement sollicitées dans leurs fonctions par la lumière et le son ; il faut préalablement que la rétine ait réfléchi la lumière et que le nerf acoustique, averti par l'entendement que l'énergie de l'audition avait besoin d'être modifiée, ait réagi, par une action réflexe, sur l'appareil musculaire de la membrane du tympan. L'iris et la membrane du tympan sont généralement soustraits à la volonté par l'accession d'un certain nombre de filets nerveux provenant du système nerveux ganglionnaire.

Derrière l'iris et derrière la membrane du tympan, commence un deuxième appareil physique destiné à renforcer les impressions visuelles et sonores : pour l'œil, c'est la chambre moyenne, pour l'oreille la caisse du tympan ; toutes deux sont limitées en dehors par une membrane, l'iris et la membrane du tympan ; toutes deux sont séparées, en dedans, de la partie la plus interne de l'organe des sens au moyen d'une paroi concave, c'est-à-dire la dépression du corps vitré et la paroi osseuse de la caisse, laquelle paroi, s'éloignant d'ailleurs, par ses élévations et ses enfoncements irréguliers, de la forme sphérique, communique aussi, pour renforcer les vibrations sonores, avec un appendice osseux considérable, l'apophyse mastoïde. L'appareil réfringent de la chambre moyenne, le cristallin, ressemble à la chaîne des osselets de l'ouïe, en ce que le premier, par la concentration des ondes lumineuses, et la dernière, par la matière dure qu'elle offre comme corps conducteur aux ondes sonores, augmentent l'énergie de l'impression. Le cristallin, à cause de son but dioptrique, avait besoin d'une forme déterminée, tandis que les osselets, agissant par leur propre substance, pouvaient s'en passer.

Les dernières vibrations de la base de l'étrier sont communiquées à travers le trou oval à l'humeur du labyrinthe, laquelle les transmet au nerf acoustique : le cône lumineux réfracté par le cristallin prend son chemin à travers le corps vitré vers le nerf optique. Nous voici arrivés à l'entrée du labyrinthe et de la chambre postérieure de l'œil. Ici les organes de la vision et de l'audition s'éloignent tant par leurs formes hétérogènes, que nous sommes forcés d'arrêter le parallèle des analogies. L'ensemble du vestibule, des canaux semi-circulaires et du limaçon, manque d'unité de formes ; l'expansion du nerf acoustique poursuit et tapisse la paroi interne du labyrinthe ; la rétine, expansion du nerf optique, reçoit la lumière par sa face concave.

Si maintenant nous passons à l'appareil moteur des deux sens, et d'abord à celui qui est à l'entrée du sens, nous trouvons une analogie entre l'oreille externe et les paupières. Toutes deux sont formées de cartilages, sont recouvertes de l'en-

veloppe générale et munies de muscles ; elles ouvrent l'organe du sens au monde extérieur, la lumière passant par la fente interpalpébrale, le son par le conduit auditif cartilagineux. Chez l'homme, il est vrai, les mouvements de l'oreille cartilagineuse sont nuls ; mais ils existent d'une manière très prononcée chez beaucoup d'animaux qui peuvent tourner le pavillon vers le côté d'où vient le son. Les paupières laissent arriver la lumière à la cornée, le pavillon force les ondes sonores d'aller trouver la membrane du tympan.

Si, comme nous venons de le dire, le pavillon contribue à assurer la fonction de la membrane du tympan, la fente interpalpébrale participe également à la fonction de l'iris. A l'instar de la pupille, elle se contracte non seulement à une lumière trop forte et s'ouvre à une lumière trop faible, mais aussi elle se rétrécit lorsque l'on veut voir des objets trop éloignés ou trop rapprochés. Le pavillon procure donc, par sa forme, à la membrane du tympan, l'usage que les paupières procurent à l'iris par leurs mouvements.

Mais la vision est encore douée d'un autre appareil moteur infiniment plus parfait, appareil qui, selon les déterminations de la volonté, tourne l'œil en diverses directions, tantôt pour mieux reconnaître un objet visuel, tantôt pour changer le champ de la vision. Ce système musculaire, entièrement séparé des muscles des paupières et ayant ses nerfs propres, n'a pas son analogue dans l'organe de l'audition, où la cavité du rocher qui représente l'orbite renferme d'une manière immobile, et comme enclavés dans sa masse, le labyrinthe et la caisse du tambour. Le globe oculaire devait se mouvoir ; car son enveloppe extérieure étant en grande partie opaque, et ne présentant par conséquent à la lumière qu'un petit segment transparent, la cornée, il ne pouvait embrasser qu'une partie de l'espace ; mais, pour compenser cette défectuosité apparente, nous changeons immédiatement et volontairement le champ de la vision, et ce changement s'opère par le système musculaire en question.

Lequel des deux sens, de la vue ou de l'ouïe, est le plus nécessaire à l'homme ? Nous n'hésitons pas un instant à dire que c'est la vue. Elle fournit plus de matériaux à l'intelligence que l'ouïe, et contribue essentiellement à perfectionner l'individu. Aussi, chose remarquable, un aveugle de naissance est une rareté, tandis que la plupart des sourds-muets ont apporté leur infirmité en venant au monde. Le sourd, pour remplacer tant soit peu le sens qui lui manque, a recours à la vue ; l'aveugle au toucher. Les mouvements vagues et inquiets que subit l'œil du premier, au milieu de grandes réunions d'hommes, ne sont autre chose que les tâtonnements du dernier.

On a souvent demandé lequel, du sourd ou de l'aveugle, était le plus malheureux ; les opinions sont partagées sous ce rapport. Il est difficile de faire l'éducation du sourd, mais une fois qu'il sait lire, il peut arriver à un grand développement intellectuel. Quant à l'aveugle, son éducation est plus facile, mais son esprit devient rarement majeur, bien que sa vie soit plutôt une vie de méditation, une vie plus intérieure que celle du sourd.

2 *Parallèle du goût et de l'odorat.* — Le goût et l'odorat ont entre eux une grande affinité ; tous deux se rattachent à la vie végétative. Combien de fois le premier de ces sens n'est-il pas modifié, perverti ou même aboli par l'influence qu'exerce sur la langue l'état sain ou morbide du tube digestif ! L'odorat est si intimement lié à la respiration, qu'une sensation odorante n'est possible que par un

acte respiratoire ; les odeurs les plus fortes ne sont pas senties au moment où la respiration est suspendue ou pendant que l'expiration a lieu. C'est encore la liaison de ces deux sens avec la vie végétative qui fait qu'ils avancent notre bien-être matériel en nous attirant, et surtout les animaux, par la sensation du plaisir, vers ce qui nous est utile et agréable, et en nous éloignant, par la sensation du déplaisir, de ce qui nous est désagréable et nuisible. Le goût néanmoins a une utilité plus grande que l'odorat, non seulement parce que les organes digestifs, auxquels il sert de protecteur, sont exposés à un plus grand nombre d'agents pernicieux que le système respiratoire, mais aussi parce que son champ d'action est plus étendu ; car on peut, en général, soutenir que tout corps qui agit sur l'odorat est aussi capable, dès qu'il se trouve dans un dissolvant approprié, de faire naître une sensation gustative, mais que tout corps sapide n'est pas absolument odorant. Une autre particularité qui fournit au goût un avantage sur l'odorat, c'est que le premier de ces sens donne son jugement sur la salubrité d'un corps avant que celui-ci ait été mis en contact avec les organes assimilateurs, tandis que le dernier ne juge pas avant qu'une partie du corps extérieur ait déjà, par une aspiration, pénétré profondément dans l'économie. Le nez, pour exercer la fonction de l'odorat, exige un menstrue gazeux ; la langue, pour exercer la fonction du goût, un menstrue liquide, et pour qu'elle n'en manque pas, elle a dans son voisinage plusieurs sources. Néanmoins, ce n'est pas l'état gazeux comme tel qui affecte l'odorat, ni l'état liquide comme tel qui affecte le goût : la substance qui se trouve dans l'un ou l'autre de ces états doit aussi être odorante ou sapide, c'est-à-dire exciter d'une manière spéciale les nerfs olfactif et gustatif.

Du reste, la liaison intime de ces deux sens exclut presque toute espèce de parallèle de l'un avec l'autre. Cette liaison va même jusqu'à confondre les sensations gustatives et olfactives à cet endroit du pharynx où s'opère une espèce d'entrecroisement du canal respiratoire naso-pulmonaire avec le tube bucco-œsophagien.

5° *Parallèle du goût et du toucher.* — Le toucher et le goût sont de tous les sens les seuls dont l'existence ne se borne pas à un lieu déterminé de l'économie. Le toucher ne se fait pas d'une manière absolue avec la main ; il se fait aussi, quoique d'une manière beaucoup plus imparfaite, avec l'extrémité inférieure. La langue, à son tour, n'est pas le seul organe capable d'une sensation gustative : le voile du palais, les parois du pharynx, etc., partagent avec elle cette propriété. Les organes du goût et du toucher se mettent en contact immédiat avec les agents dont ils sont affectés. Chez l'un et chez l'autre, l'objet extérieur est porté dans la sphère de la sensation par des mouvements volontaires : la main, en se portant activement vers l'objet sensible ; la langue, en ramenant sur sa surface la substance sapide, et la pressant contre les parois de la cavité buccale, surtout contre le palais et les dents.

Relativement aux rapports que les sens entretiennent avec leurs agents respectifs, le goût et le toucher sont plus rapprochés l'un de l'autre que de tout autre sens. En effet, nous trouvons que la langue, autant que la main, est susceptible de sentir les degrés de consistance des corps qui la touchent ; elle est parfaitement à même, au moyen de la résistance plus ou moins forte qu'elle éprouve en appliquant ces corps contre le palais, de distinguer ce qui est dur, mou, etc.

Les variétés de sensations linguales que nous connaissons sous la dénomination de farineux, gras, visqueux, gélatineux, etc., ne sont donc pas des sensations gustatives proprement dites, mais des manifestations qui se rapportent à la

cohésion des corps, manifestations communes à la langue et à l'organe du toucher, et qui, se rattachant à la sensibilité générale de la peau, sont effectuées au moyen de nerfs ramifiés simplement dans cette enveloppe, surtout à ces endroits qui, faute de tissu musculaire interposé, sont appliqués sur un point d'appui osseux, comme le dos de la main, le coude, le genou, l'étendue de l'épine dorsale, etc. Les tissus durs de la cavité buccale exercent, sous ce rapport, la même fonction pour la langue.

Cette sensation de consistance dont nous venons de parler, et qui appartient à toute la surface cutanée, se distingue essentiellement de la sensation spécifique du toucher; cette dernière est plus élaborée que la sensibilité générale et a son siége dans les papilles nerveuses de la pulpe des doigts, et, à un degré plus faible, dans celles des orteils. Cette sensibilité spécifique est d'une plus grande finesse que la sensibilité générale, et elle est à cette dernière ce que le développement plus élevé du tissu papillaire est à la simple ramification des filets nerveux dans la peau. A cette sensation du toucher, correspond dans l'organe du goût la sensation gustative proprement dite, et c'est la différence de ces sensations particulières qui différencie le toucher et le goût; sans cette différence, la langue ne paraîtrait qu'un autre organe du toucher, mais plus incomplet que celui de la main.

La langue et la main fournissent aussi des sensations de formes matérielles, mais, sous ce point de vue, l'organe du goût est restreint à la cavité buccale, tandis que l'organe du toucher, en vertu de sa grande mobilité et de son long support, agit dans un champ beaucoup plus spacieux. Il y a donc, dans la langue, deux sens placés l'un à côté de l'autre : la faculté de sentir les saveurs et la faculté de reconnaître incomplétement, il est vrai, la forme extérieure, et elle exerce cette dernière fonction partout dans la bouche où elle éprouve une résistance. Mais la main reconnaît les formes non seulement en poursuivant, à l'instar du tact, en général, les contours que les corps lui présentent, mais aussi par une sensation tactile plus délicate, s'exerçant surtout par un mouvement de va-et-vient, par une palpation, sur les limites de ces corps; et c'est par cette circonstance que la main se distingue de toutes les autres parties de l'économie qui, par l'association de la sensibilité cutanée avec des mouvements volontaires, peuvent devenir une espèce d'organe du toucher, et comme tel mises au même rang que la langue.

La langue et la main constituent également, chacune, un organe de préhension. De même que la main se porte en avant du corps tangible, de même la langue va au-devant du bol alimentaire pour le faire entrer dans la cavité buccale, où des mouvements ultérieurs de sa part contribuent essentiellement à l'insalivation des aliments et à leur déglutition. Dans plusieurs espèces d'animaux, la signification de la langue comme organe gustatif, et de l'extrémité antérieure comme organe tactile, disparaît totalement ou partiellement, et la préhension prédomine. Ainsi donc se trouvent réunies, dans les organes du goût et du toucher, deux fonctions essentiellement différentes, dont l'une appartient à la sensibilité, l'autre à la myotilité.

Si maintenant nous opposons, anatomiquement et superficiellement, l'extrémité supérieure à la langue, nous trouvons que toutes deux nous présentent, comme tissu fondamental de leur structure, des muscles se groupant, dans la première, autour d'une charpente osseuse, et dans la dernière, autour d'une lame cartilagineuse (Blandin). Néanmoins, dans l'une et dans l'autre, la masse musculeuse a en général une forme analogue; elle prend son origine, au moyen d'une base large, aux os voisins, à la mâchoire inférieure, à l'hyoïde, à l'apophyse styloïde du temporal,

ainsi qu'à l'omoplate, à la clavicule, aux côtes, etc., et se rétrécit en convergeant successivement, de manière à représenter une forme pyramidale, recouverte d'un prolongement sacciforme cutané qui, pour l'organe du toucher, constitue les diverses couches de l'enveloppe générale, et, pour la langue, les diverses couches de la membrane muqueuse, lesquelles, à la rigueur, ne sont que celles de la peau, modifiées et réfléchies en dedans : l'épithélium correspondant à l'épiderme, la muqueuse proprement dite au réseau muqueux, et le *velamentum* au derme. Entre le *velamentum* lingual et la membrane muqueuse, d'une part, et le réseau de Malpighi et le derme, de l'autre, sont situées les papilles nerveuses, douées encore d'une turgescence érectile spécifique qui distingue le toucher et le goût de tous les autres sens. Cette texture papillaire ne naît pas, à l'instar du tissu nerveux des autres sens, d'un tronc nerveux unique, mais du concours de différentes paires de nerfs qui, s'anastomosant diversement, aboutissent ensemble aux papilles. Ainsi nous trouvons dans chaque moitié de la langue l'hypoglosse, le glosso-pharyngien et le lingual; dans l'extrémité supérieure, les dernières paires cervicales et la première dorsale, qui se combinent dans le plexus brachial pour donner naissance aux divers troncs nerveux qui se rendent à la peau, aux muscles et aux papilles. Ce qui prouve encore l'affinité étroite du goût et du toucher, c'est un fait d'anatomie comparée, celui que, chez les animaux dont l'organe du toucher fait partie de la tête, comme chez l'éléphant, la taupe, le cochon, etc., cet organe reçoit ses nerfs de la cinquième paire, c'est-à-dire de ce tronc dont une branche, le lingual, constitue l'un des nerfs du goût.

4° *Parallèle de la vue et du toucher.* — Chacun de ces deux sens nous instruit sur la forme des corps extérieurs : le toucher par la résistance, et la vue par les couleurs. Aussi les sensations tactiles spéciales de dur, de mou, de liquide, etc., sont-elles, pour le toucher, en général, ce que les sensations visuelles spéciales de bleu, de rouge, de jaune, etc., sont pour la vue en général. Cependant le sens de la lumière, exclusivement réduit au nerf optique, a, sur celui de la résistance répandu plus ou moins sur la totalité de l'enveloppe cutanée, mais particulièrement concentré dans la pulpe des doigts, a, dis-je, l'avantage de fournir une plus grande variété de sensations précises de couleurs, comme aussi de pouvoir les combiner d'une manière infinie; tandis que les différences que perçoit le toucher ne sont que des degrés divers de pénétrabilité des corps. Combien n'y a-t-il pas de nuances perceptibles entre le jaune clair et le brun foncé, tandis que les degrés de résistance ne sont perçus que dans les corps mous, peu dans les corps liquides, et point dans les corps solides ou gazeux.

Les objets extérieurs se présentent à la vue par l'intermédiaire de l'éther en vibration, et au toucher par le contact immédiat. L'œil les reçoit d'emblée, même lorsqu'ils sont doués des formes les plus variées; l'organe du toucher les reconnaît péniblement en se promenant d'une partie du corps tangible à l'autre, pour composer ensuite, à l'aide de la mémoire, avec les sensations partielles, une sensation totale.

Dans le parallèle de l'organe de la vue avec celui du toucher, il y a presque autant d'analogies que de différences. Ici, les analogies anatomiques doivent se justifier surtout par les fonctions physiologiques. Celles-ci ont, en général, un triple but : conduire l'impression, la renforcer et protéger l'organe sensoriel contre les impressions trop fortes.

Les papilles nerveuses de l'organe tactile sont protégées par l'épiderme et le corps réticulaire, tous deux situés entre ces papilles et l'objet tangible; leurs analogues, la sclérotique et la choroïde (cette dernière moyennant son pigmentum), sont les organes protecteurs de la rétine et situés entre cette membrane nerveuse et l'objet visuel.

L'appareil de renforcement de la lumière est composé de la cornée et du cristallin qui, l'un et l'autre, agissent par réfraction : l'ongle et la dernière phalange sont leurs analogues et constituent l'appareil de renforcement de l'impression tactile. Celle-ci, produite par le contact immédiat de l'objet tangible avec les parties molles de la pulpe des doigts, est propagée jusqu'à la phalange et l'ongle, parties plus dures, pour être réfléchie sur le corps papillaire; l'impression réfléchie vient renforcer l'impression directe en se confondant avec elle. Voilà pourquoi le noyau osseux est entouré d'un milieu plus mou (derme et tissu adipeux), de la même manière que le cristallin est entouré du corps vitré et de l'humeur aqueuse, tous deux moins réfringents que lui. Le derme, enfin, envisagé comme simple corps conducteur, est aussi, sous le rapport de cette fonction, l'analogue du corps vitré et de l'humeur aqueuse.

La disposition anatomique des parties analogues qui composent les appareils de la vue et du toucher suit, dans l'un, un ordre directement opposé à celui de l'autre.

Si l'on commence par la partie antérieure de l'œil, la cornée, et par la partie postérieure du doigt, l'ongle, et en procédant successivement, dans l'organe de la vision, de devant en arrière, et, dans l'organe du toucher, d'arrière en avant, on rencontre toujours dans les couches correspondantes des parties analogues dont la série se termine, dans l'œil, par la sclérotique, et, dans le doigt, par l'épiderme. Dans l'œil, le siége de la sensation est au fond de l'organe ; dans le doigt, tout près de la face antérieure. Ici l'organe de renforcement se trouve derrière le corps papillaire et l'organe protecteur devant lui ; là c'est le contraire : l'appareil de renforcement se trouve au-devant de la rétine, l'appareil de protection derrière elle. L'iris, qui participe des deux fonctions en ce sens que, d'une part, il est le moyen de protection de la rétine, et que, de l'autre, il contribue à rendre plus précise l'image visuelle, se trouve, pour la première raison, en rapport intime avec la choroïde, et il est placé, pour la deuxième raison, entre les deux milieux réfringents.

La différence qualitative des parties analogues des organes des sens en question dépend en grande partie de la nature spécifique de l'agent d'impression. Pour le toucher, l'impression résulte du déplacement mécanique des parties au-devant desquelles le doigt se porte; pour la vision, l'impression est due à la lumière qui se propage conformément à des lois géométriques. Voilà pourquoi, dans le premier cas, le milieu conducteur est un tissu solide et compacte; dans le second, une humeur transparente. Dans le premier cas, le milieu de renforcement est dur et réfléchissant; dans le second, arrondi et réfringent. Dans le premier cas, l'organe protecteur de la couche nerveuse est un tissu corné, l'ongle; dans le second, une surface de couleur foncée, la choroïde.

La reproduction de l'impression extérieure n'est pas la même dans les organes de la vue et du toucher. L'objet tangible entre avec son organe en contact immédiat, exerce, de chacun de ses points et en ligne droite, son influence sur la partie du nerf tactile qui lui est opposée, de sorte que la projection de l'image tactile sur la surface papillaire est identique avec la disposition de son objet réel, exacte-

ment comme l'empreinte est identique avec son cachet. Les ondes lumineuses, il est vrai, qui tombent perpendiculairement sur la convexité de la cornée, y sont disposées de la même manière que le sont les différents points de l'objet d'où elles émanent, ainsi que le prouve le phénomène de l'image réfléchie par la cornée; mais cette disposition n'arrive pas telle jusqu'à la sensation : l'image lumineuse se projette sur la concavité de la rétine dans un ordre renversé en comparant cette image à son objet réel ou à son objet tactile.

Les systèmes moteurs des deux sens sont opposés : l'œil n'a qu'un petit nombre de muscles qui le tiennent enfermé dans une cavité osseuse, mais qui lui procurent tous les mouvements dont il a besoin. Les muscles de l'extrémité supérieure entourent leur noyau osseux; étant très nombreux, et, vu la construction articulée du membre, ils sont non seulement capables de le mouvoir dans sa totalité, mais aussi dans chacune des fractions dont il est composé, en lui imprimant des mouvements de flexion, d'extension, d'adduction et d'abduction avec toutes les nuances locomotrices intermédiaires.

Le type de l'organe de la vision présente partout une tendance vers l'unité : l'organe du toucher, au contraire, se divise et devait se diviser, pour se mouler sur les corps tangibles, en fractions qui sont au nombre de cinq. Son système nerveux occupe également cinq fractions, quatre pour les doigts, une pour le pouce : dans l'organe de la vision, il ne forme qu'une seule expansion membraneuse. La loi de l'unité s'étend même aux deux organes de la vision; car les deux yeux, dépendants l'un de l'autre, ne forment à la rigueur qu'un seul organe visuel : ils n'ont qu'un seul champ de vision; les mouvements de l'un correspondent à ceux de l'autre; il y a sympathie dans les oscillations de leurs iris, de leurs paupières, il y a même sympathie dans un grand nombre de leurs maladies. Rien de semblable ne se trouve dans l'organe du toucher; les deux extrémités supérieures sont si loin de former un tout, qu'au contraire chacune d'elles vit de sa propre vie. La main d'un côté agit indépendamment de celle de l'autre côté : elles n'ont entre elles de consensus ni physiologique ni pathologique.

5° *Parallèle de l'odorat et de l'ouïe.* — Les agents qui s'adressent à l'odorat et à l'ouïe s'accordent en ce qu'ils n'arrivent à ces sens qu'après avoir parcouru une distance plus ou moins grande, un milieu commun, l'air atmosphérique. Cependant le champ de l'olfaction est plus rétréci que celui de l'audition. Quelque grande que soit la variété des odeurs, elle repose toujours sur des différences qualitatives; il n'y a pas de différences quantitatives pour le sens de l'odorat, si ce n'est que telle substance odorante l'affecte d'une manière plus vive et plus énergique que telle autre. Les mêmes circonstances qui agissent sur le son, telles que direction du vent, conductibilité plus ou moins grande de l'air, etc., agissent aussi sur les odeurs. Si l'air atmosphérique est le seul véhicule qui conduise les émanations odorantes, il n'est pour le son que le moyen conducteur le plus commun puisque tout corps solide ou liquide, selon le degré de son élasticité, est capable de transmettre les vibrations sonores; l'expérience prouve même que le son, conduit à travers ces corps, se renforce et s'étend plus au loin qu'à travers des milieux aériformes. Dans la généralité des cas, il y a, entre les oscillations sonores primitives et l'oreille, un nombre plus ou moins considérable de corps solides interposés qui ne diminuent pas sensiblement le champ de l'audition, mais qui limitent celui de l'odorat et peuvent même opposer un obstacle à la propagation des molécules

odorantes. L'ouïe est donc non seulement un sens plus étendu que l'odorat; mais elle s'exerce aussi dans toutes les directions, ce que ne peut faire l'odorat. Pour sentir les odeurs, il faut que leurs particules entrent par les ouvertures nasales externes; mais, pour entendre des ondes sonores, il n'est pas toujours nécessaire qu'elles passent par le conduit auditif externe, puisque même les os de la tête, placés immédiatement sous la peau, transmettent le son jusqu'au nerf acoustique. Le monde des sons est soumis à notre volonté, nous pouvons les calculer, les disposer selon nos besoins, en faire une œuvre d'art, et nous procurer par là non seulement une jouissance, mais aussi développer notre intelligence; le monde des odeurs, au contraire, se soustrait à notre volonté : leur propagation n'est qu'une dissolution continue, qu'un mélange de leur part à l'air atmosphérique; il est impossible de leur appliquer le calcul; elles ne donnent naissance qu'à un art mesquin dont les plaisirs ne sont dus qu'à des combinaisons de substances odorantes.

Passons maintenant aux particularités qui distinguent l'odorat et l'ouïe, sous le rapport de la sensation. L'un et l'autre de ces sens montrent un caractère de passivité. Le nez et l'oreille reçoivent leurs excitants respectifs, sans aller au-devant d'eux, sans en attirer ni repousser, d'une manière volontaire, les impressions. Ni dans le champ des sons, ni dans celui des odeurs, l'organe de sens ne peut choisir entre ce qui est agréable ou désagréable, puisque les impressions extérieures lui sont, pour ainsi dire, imposées : à l'oreille, par l'impulsion des ondes sonores; au nez, par l'acte de l'inspiration. Tandis que l'œil cherche ce qui lui plaît, se ferme à ce qui lui déplaît; que l'organe du toucher s'attache à ce qu'il aime ou s'en retire lorsqu'il ne l'aime pas; que la langue fait entrer dans sa sphère d'action un corps sapide qui la flatte, ou l'en chasse volontairement lorsque ce corps la blesse, le nez et l'oreille sont ouverts à toutes les impressions agréables ou désagréables, et ne possèdent pas de moyen propre de se mettre à l'abri des dernières. Quant à l'oreille, nous ne pouvons que boucher le conduit auditif externe avec nos doigts; et quant à l'odorat, certes, nous sommes libres, en diminuant l'inspiration ou en la suspendant momentanément, ou en faisant passer une partie de l'air par la bouche, de nous soustraire pendant quelque temps aux mauvaises odeurs ou d'en affaiblir les effets : mais combien ici la volonté est-elle limitée, puisque l'existence de la vie nutritive se rattache intimement à l'intégrité de l'acte respiratoire! L'influence que cette volonté cause sur l'introduction et la propagation de l'impression dépend aussi principalement des modifications de la respiration; l'appareil moteur des narines est ici d'une importance secondaire.

La passivité de l'odorat et la circonstance qu'il est entièrement un sens qualitatif, sont peut-être aussi la cause pour laquelle il fournit si peu à l'intelligence et qu'il est, en général, incapable de servir à établir une science quelconque; mais si ce sens s'éloigne plus ou moins de l'intelligence, il se rapproche davantage du sentiment. Combien n'y a-t-il pas d'odeurs accompagnées de plaisir et de déplaisir, surtout en les comparant aux sensations que nous procurent les sens actifs de la vue, du toucher et du goût! Sous ce rapport, l'odorat se trouve de tous les sens le plus rapproché de l'ouïe. Une suave mélodie fait naître dans l'âme de tendres sentiments; une musique passionnée, des sentiments analogues. Les parfums flattent la vie matérielle et répandent sur le système nerveux quelque chose de voluptueux, mais ils émoussent l'intelligence et la plongent dans une espèce d'apathie; la musique, au contraire, est peut-être le moyen le plus puissant de stimuler l'âme. Les aromes et la musique ont encore cela de particulier qu'ils relèvent réciproquement

les jouissances qu'ils procurent. Mentionnons encore le rapport intime qui existe entre l'odorat et l'instinct de la reproduction : si certaines odeurs excitent à l'amour physique, l'ouïe, par l'intermédiaire de la parole, dispose, au contraire, à un amour plus pur.

Jetons maintenant un coup d'œil rapide sur les conditions organiques des deux sens qui nous occupent.

L'œil, la langue et l'organe tactile sont doués d'une mobilité plus ou moins grande : l'oreille et le nez, au contraire, sont plus ou moins immobiles. La structure de ces deux organes est analogue : chez tous deux le tissu fondamental est osseux. L'intérieur du nez, de même que celui de l'oreille, se présente comme un os creux dont la cavité tortueuse est tapissée d'une membrane muqueuse très fine qui reçoit les nerfs. Cette masse osseuse varie dans les deux organes, selon la nature de leur stimulant extérieur ; elle est d'une dureté extrême dans le rocher, afin de favoriser la réflexion des ondes sonores; elle est, dans la cavité nasale, éminemment molle, celluleuse, en partie spongieuse, afin de mieux aspirer les molécules odorantes et de les mettre en contact avec le nerf olfactif.

Quant à la configuration, le nez et l'oreille forment un canal osseux dont le commencement est cartilagineux. Le canal du rocher, à cause de la réflexion des ondes sonores, est fermé à son extrémité interne, sauf les orifices qui livrent passage aux vaisseaux et aux nerfs; la cavité nasale, au contraire, est ouverte intérieurement et communique avec le pharynx, circonstance nécessaire pour que, au moyen de la respiration, l'introduction des molécules odorantes puisse avoir lieu.

La partie cartilagineuse du nez, ainsi que l'oreille externe, est d'une configuration infundibuliforme, configuration qui est la plus propre à aspirer les émanations odorantes et à recevoir les ondes sonores. A l'entrée du nez et de l'oreille, la peau, en se réfléchissant, devient membrane muqueuse ; la limite de démarcation entre ces deux membranes est recouverte de vibrisses et richement pourvue de follicules.

Les muscles qui se trouvent au commencement du tube nasal et du conduit auditif externe sont de deux espèces : les uns dilatent l'entrée cartilagineuse de l'organe de sens et la déplacent en même temps un peu ; les autres la rétrécissent sans la déplacer. Les muscles dilatateurs du conduit auditif externe, les auriculaires supérieur, antérieur et postérieur, correspondent à l'élévateur de l'aile du nez et de la lèvre supérieure et à l'abaisseur de l'aile du nez. Ces deux derniers muscles, en se contractant fortement, tirent en même temps les ailes du nez un peu de leur côté, et ressemblent en ceci à l'auriculaire postérieur. Si, pour les mouvements latéraux des cartilages nasaux, il n'y a point de muscles des deux côtés de chaque narine, c'est qu'à cause de la juxtaposition des deux cavités nasales, il est impossible de mouvoir chacune d'elles de dehors en dedans. Ce mouvement a plutôt lieu par les muscles nasaux ci-dessus nommés du côté opposé, lesquels, par conséquent, peuvent être regardés comme rétrécissant le cartilage de l'autre côté, tout en dilatant celui de leur propre côté. L'élévateur commun est en même temps chargé de la fonction de l'auriculaire supérieur. Les muscles qui rétrécissent l'oreille externe, le grand et le petit muscle de l'hélix, ceux du tragus et de l'antitragus, ont leur analogue dans le transversal du nez. Une particularité des appareils physiques de l'ouïe et de l'odorat est que leur nerf moteur est le même, le facial, qui envoie des filets au muscle de l'étrier, au tenseur de la membrane

du tympan, ainsi qu'aux muscles extérieurs du nez et de l'oreille ; les organes du goût, de la vue et du toucher possèdent au contraire un ou plusieurs nerfs moteurs propres. La cavité principale de l'appareil physique du nez correspond au conduit auditif externe, y compris la caisse du tambour, caisse qui, à la rigueur, n'est qu'une continuation du conduit auditif externe, séparée de lui par la membrane tympanique. Quant à cette dernière, elle me paraît avoir, au moins comme moyen protecteur de l'ouïe, son analogue dans le voile du palais, moyen de protection aussi pour l'odorat : en effet, si nous nous observons attentivement au moment où une odeur désagréable vient de nous impressionner, nous reconnaissons qu'une forte expiration s'effectue d'abord, dans le but d'expulser l'air odorant, puis que l'inspiration, au lieu de se faire par les narines, a lieu instinctivement par la bouche : alors le voile du palais s'élève, se place horizontalement, tend à fermer en arrière les orifices des fosses nasales, et, en empêchant la circulation de l'air dans leur intérieur, prévient de nouvelles impressions pénibles sur la membrane olfactive.

La cavité nasale, et le conduit auditif externe tel que nous venons de le limiter, aboutissent l'un et l'autre dans le pharynx : le nez, par ses orifices postérieurs ; la caisse du tambour, par la trompe d'Eustache. Le pharynx est donc le point de réunion organique de l'ouïe et de l'odorat ; aussi la membrane pituitaire et la muqueuse du tambour sont-elles des prolongements de la muqueuse pharyngienne. On pourrait même envisager le pharynx comme une cavité appendiculaire de l'odorat et de l'ouïe. Il est d'une grande utilité au premier de ces sens ; et qui n'a pas éprouvé par soi-même qu'en ouvrant la bouche, on entend mieux ?

L'apophyse mastoïde, cavité accessoire de l'oreille, correspond aux sinus frontaux, sphénoïdaux et maxillaires : toutes ces cavités servent à renforcer la sensation.

Si maintenant nous passons à ces parties qui, dans les deux sens, sont situées plus profondément, nous trouvons que les labyrinthes du nez et de l'oreille présentent des formes irrégulières ; mais, dans les deux cas, cette irrégularité est calculée pour augmenter l'intensité de l'impression sensorielle. L'oreille obtient cet effet par un grand nombre de courbures et de sinuosités qui, pour opérer la réflexion des ondes sonores, existent dans son intérieur, et l'organe de l'odorat obtient le même résultat par la multiplication de ses points de contact avec la matière odorante. C'est dans les membranes qui tapissent les cavités, cellules et canaux de l'oreille et du nez, que se répandent le nerf olfactif et le nerf acoustique, qui tous deux ont encore cela de particulier, qu'ils sont les plus mous de tous les nerfs cérébraux. Ils se rendent à leur labyrinthe respectif, le premier par l'incisure ethmoïdale, le dernier par le conduit auditif interne, au fond duquel il y a deux fossettes qui livrent passage aux deux rameaux du nerf acoustique, celui du vestibule et celui du limaçon. Les rameaux du nerf olfactif se partagent également en deux groupes, rameaux internes pénétrant par les trous internes de la lame supérieure de l'ethmoïde pour se rendre aux cellules ethmoïdales, et rameaux externes pénétrant par les trous externes de la même lame, pour se ramifier sur les cornets. Les petits trous qui se trouvent dans la fossette vestibulaire, ainsi que les petits canaux très fins dans la lame spirale du limaçon, correspondent, puisqu'ils laissent passer les filaments les plus ténus du nerf acoustique, à la disposition criblée de la lame supérieure de l'ethmoïde.

On pourrait comparer les cellules ethmoïdales au vestibule, les cornets au limaçon ; par conséquent, le groupe interne des trous ethmoïdaux de la lame supé-

rieure de l'ethmoïde correspondrait à la fossette vestibulaire, l'externe à la fossette du limaçon. En effet le vestibule, à cause des sillons, fossettes et lignes saillantes qu'il renferme, trahit une tendance vers la structure celluleuse ; son aqueduc a de l'analogie avec les méats supérieur et moyen par lesquels s'écoule la sérosité des cellules ethmoïdales. Les cornets ont, à l'instar du limaçon, une forme contournée : il y en a dans chaque cavité nasale deux et demi, le supérieur pouvant être considéré, à cause de sa brièveté, comme n'étant pas complet ; le limaçon aussi n'a que deux tours et demi de spirale. Si les cornets n'ont pas de canal qui corresponde à l'aqueduc du limaçon, cela s'explique, puisque leur sérosité se volatilise par le passage de l'air ; volatilisation qui est aussi la raison pour laquelle les conduits nasaux n'aboutissent pas, à l'instar des aqueducs de Cotunni, dans les veines voisines, mais dans la grande cavité nasale ; en revanche, l'ethmoïde possède deux canaux : le méat supérieur pour les cellules postérieures et moyennes, le moyen pour les cellules antérieures, tandis que le vestibule n'est pourvu que d'un seul aqueduc.

Nous bornons ici le parallèle de ces deux sens, suffisant d'ailleurs pour faire saisir, avec leurs affinités, leurs différences essentielles qui résultent de la nature même de l'excitant propre à chacun d'eux.

Là, aussi, s'arrêtent les *considérations générales sur les sens* que nous avons cru devoir présenter au lecteur comme une introduction à l'étude de chaque sens en particulier.

TRAITÉ

DE

PHYSIOLOGIE.

TOME SECOND.

Paris. — Imprimerie de L. Martinet, rue et hôtel Mignon, 2.

TRAITÉ

DE

PHYSIOLOGIE

PAR

F. A. LONGET,

Membre de l'Académie nationale de médecine,
de la Société philomatique de Paris,
lauréat de l'Institut de France (Académie des sciences),
correspondant de l'Académie impériale des Curieux de la Nature, de l'Institut de Bologne,
de l'Académie des sciences de Turin, des Sociétés des sciences naturelles et médicales de Fribourg,
de Francfort-sur-le-Mein, de Liége, de Stockholm, de Vienne, etc.

OUVRAGE ACCOMPAGNÉ

de figures dans le texte et de planches en taille-douce.

TOME SECOND.

PARIS.

VICTOR MASSON, LIBRAIRE-ÉDITEUR,

PLACE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE, 17.

1850.

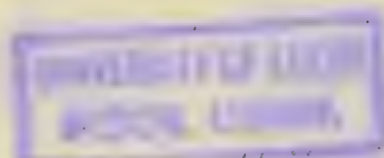


TABLE ANALYTIQUE

DES MATIÈRES CONTENUES DANS LE SECOND VOLUME.

PREMIÈRE PARTIE.

DES SENS.

SENS DE LA VUE.

THÉORIE DE L'ŒIL.

SENS DE L'OUIE.

SENS DE L'ODORAT.

SENS DU GOUT.

SENS DU TOUCHER.

DEUXIÈME PARTIE.

PROPRIÉTÉS ET FONCTIONS DU SYSTÈME NERVEUX EN GÉNÉRAL.

PROPRIÉTÉS ET FONCTIONS DES DIVERSES PARTIES DU SYSTÈME NERVEUX.

DES FACULTÉS INTELLECTUELLES ET MORALES.

TROISIÈME PARTIE.

DE LA GÉNÉRATION.

DE LA GÉNÉRATION DANS LA SÉRIE ANIMALE.

DE LA GÉNÉRATION DANS L'ESPÈCE HUMAINE.

DE L'ACCOUCHEMENT.

DE L'ALLAITEMENT.

DES AGES.

FIN DE LA TABLE DU SECOND VOLUME.

[illegible]

TRAITÉ
DE PHYSIOLOGIE.

DES SENS EN PARTICULIER (1).

SENS DE LA VUE.

DE L'AGENT EXCITATEUR DES IMPRESSIONS VISUELLES.

Les corps qui affectent spécialement l'organe de la vue sont dits *lumineux :* les uns sont lumineux par eux-mêmes, les autres le deviennent par réflexion.

Puisqu'il n'y a aucun contact immédiat entre l'appareil visuel et l'objet qui l'impressionne, puisque la distance qui les sépare est souvent infinie, il est impossible de méconnaître l'existence d'un agent particulier, intermédiaire obligé entre le foyer de radiation et notre œil : cet agent excitateur est la *lumière.*

Comment la lumière se transmet-elle à travers le vide ou les milieux qui nous environnent, pour arriver à l'organe de la vision ? Tel est l'important problème qui, dès les premiers pas de la physique expérimentale, a préoccupé vivement les savants.

Deux hypothèses, qui immortalisent le génie de leurs auteurs, ont été proposées dans le but de résoudre ce problème. Dans la première, on suppose qu'une substance, douée d'une ténuité extrême, s'échappe continuellement des corps lumineux, s'irradie dans toutes les directions; et l'on est forcé d'admettre que les particules de cette substance présentent une subtilité si grande, qu'il est impossible d'apprécier, à l'aide de nos procédés d'investigation, leur poids aussi bien que leur impénétrabilité. Parmi les corps de la nature, les uns, se trouvant sur le trajet de ces particules, ont la propriété de les arrêter : ce sont les corps *opaques ;* les autres peuvent se laisser traverser par elles : on les nomme *transparents.* Cette hypothèse, dont Newton est l'auteur, est celle de l'*émission.* Dans la seconde hypothèse, qui est due à Descartes, on rejette l'idée d'un agent matériel parcourant des espaces immenses avec une prodigieuse rapidité, et l'on admet que les molécules des corps lumineux entrent en vibration, que les oscillations qu'elles exécutent, autour de leur position d'équilibre, se transmettent aux particules d'un fluide remarquable par une excessive élasticité, répandu dans tout l'univers et désigné sous le nom d'*éther.* Cette autre manière d'expliquer la transmission de la lumière, de l'assimiler à la nature du son, à sa propagation à travers les différents corps solides, liquides ou gazeux, constitue l'hypothèse *des ondulations.*

Longtemps la théorie newtonienne a régné seule dans la science. Aujourd'hui elle ne compte plus que de rares partisans, et peut-être le jour n'est-il pas éloigné où, grâce à de modernes recherches, l'hypothèse de Descartes réunira tous les suffrages.

(1) Par des motifs indépendants de la volonté de l'auteur, les *Considérations générales sur les Sens* qui devaient être placées au commencement de ce deuxième volume se trouvent à la fin du premier.

La *théorie de l'œil* réclame, pour son développement, la connaissance d'un grand nombre de principes d'optique. Abandonnant leur complète exposition aux traités de physique, nous devons néanmoins rappeler brièvement, parmi les lois de la lumière, celles qui sont indispensables à l'intelligence des phénomènes de la vision.

Si l'on suppose un corps, lumineux par lui-même, isolé au milieu d'un gaz ou suspendu dans le vide, il sera visible dans toutes les directions; et, si l'on imagine un point de l'espace éclairé par sa radiation, la ligne qui joindra ce point à l'un des éléments du corps lumineux représentera la direction d'un *rayon de lumière.* Les émissionistes pensent que l'on doit désigner ainsi la trajectoire parcourue par les molécules lumineuses. Dans la théorie des ondulations, un rayon de lumière est la direction suivant laquelle se transmettent, de proche en proche, les ondulations de l'éther ébranlé par les vibrations des molécules du corps lumineux. Cette direction n'est rectiligne que pour le cas très particulier où le milieu dans lequel se transmet la lumière est homogène.

Si, par abstraction, on isole un point d'un corps lumineux, ce point enverra des rayons dans toutes les directions, et s'il est supposé placé au centre d'une sphère creuse, celle-ci sera éclairée sur toute sa surface interne. Que l'on imagine maintenant le même foyer de radiation placé au centre d'une sphère d'un rayon double de celui de la première, la même quantité de lumière sera répartie sur une surface qui croîtra comme le carré du rayon, c'est-à-dire comme le carré de la distance qui sépare la source lumineuse du point éclairé; et alors chacun des éléments des sphères recevra une proportion de lumière qui sera en raison inverse des surfaces éclairées ou encore du carré de leurs rayons. C'est ainsi que l'on peut démontrer que l'*intensité* de la lumière est en raison inverse du carré de la distance du point éclairé à la source lumineuse.

Longtemps on a cru que la *vitesse* de la lumière est infinie. Les expériences de Galilée, faites sur des bases trop restreintes, avaient accrédité cette erreur : chacun sait aujourd'hui que la lumière parcourt un espace de 70,000 lieues par seconde, et que c'est dans un phénomène astronomique, l'éclipse des satellites de Jupiter, que Roëmer et Cassini ont dû chercher la démonstration de ce fait important.

La lumière, en rencontrant les corps qui se meuvent dans l'univers, subit différentes influences dont la connaissance sera ultérieurement nécessaire à l'analyse des conditions que les divers appareils organiques doivent présenter pour servir à la vision.

Soient un point lumineux et une plaque circulaire de métal poli située à une certaine distance de ce point. La plaque recevra des rayons divergents émanés du foyer de radiation, et l'on aura ainsi un pinceau lumineux, offrant la forme d'un cône dont le sommet sera au point éclairant et la base sur le cercle métallique. Parmi les rayons incidents, les uns, pénétrant dans une couche plus ou moins mince de la surface du corps, cesseront d'être visibles et seront absorbés; les autres, rencontrant une surface polie, sembleront rebrousser chemin, et pourront agir sur les yeux d'un observateur placé dans certaines conditions dérivant des *lois de la réflexion.*

Réflexion de la lumière.

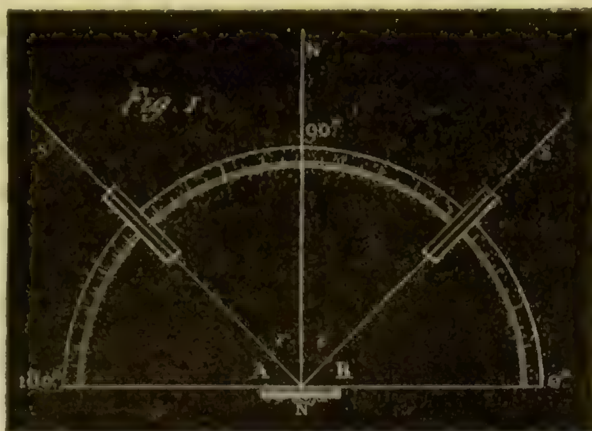
Un rayon de lumière, réfléchi par un miroir, n'est pas renvoyé tout entier dans la même direction. Une partie, rencontrant les aspérités nombreuses qui existent constamment à la surface des corps, est dispersée irrégulièrement

par elles; l'autre suit une marche définie, régulière, et subit ce qu'on nomme la *réflexion spéculaire*.

Supposons que le corps sur lequel arrive un rayon lumineux soit une lame métallique plane et polie; il sera facile de trouver la relation qui existe entre la direction du rayon incident et celle du rayon réfléchi, entre le plan d'incidence et celui de réflexion.

Des observations simples et variées ont prouvé que, si l'on élève une perpendiculaire au point d'incidence, le plan passant par cette dernière et par le rayon incident contiendra le rayon réfléchi; que si l'on mesure l'angle formé par le rayon incident et la normale, le nombre de degrés qui exprime sa valeur est le même que celui qu'on trouve pour la normale et le rayon réfléchi.

Ainsi (fig. 1) SN′ étant la direction du rayon incident, NN′ la perpendiculaire au point d'incidence, on trouve que le rayon réfléchi S′N′ forme avec la normale un angle r de réflexion égal à l'angle d'incidence i. On reconnaît aussi expérimentalement que ce rayon réfléchi est constamment dans le plan déterminé par le rayon incident et la perpendiculaire.



Les *lois de la réflexion de la lumière* se formulent de la manière suivante :

1° *Le rayon incident et le rayon réfléchi se trouvent dans un même plan normal à la surface sur laquelle se réfléchit la lumière;*

2° *L'angle d'incidence est égal à l'angle de réflexion.*

De ces lois on peut facilement déduire la position dans laquelle un observateur devra être placé pour qu'un objet, situé en avant d'un miroir, soit visible pour lui par réflexion.

Des miroirs.

L'image que nous percevons au moyen d'un *miroir plan* nous semble placée derrière sa surface, à une distance précisément égale à celle qui sépare l'objet réel du plan réflecteur. On se rend compte de ce phénomène en sachant que, quelle que soit la direction de la ligne suivant laquelle se propage un rayon de lumière, l'œil jouit de la propriété de rapporter la sensation à une droite qui est le prolongement de la direction suivant laquelle l'organe a été ébranlé, et à un point de cette ligne tel que sa distance à l'œil soit égale à la longueur totale du chemin parcouru.

Bien que la réflexion sur les *miroirs courbes* n'ait pas une grande importance pour la théorie de la vision, nous en dirons quelques mots afin de nous rendre compte des images qui apparaissent aux surfaces de terminaison des différents milieux réfringents de l'œil.

Les surfaces courbes pouvant être considérées géométriquement comme formées par la réunion d'un nombre infini de plans extrêmement petits, la loi de la réflexion ne subit pour elles aucune variation, comme le démontrent d'ailleurs les recherches expérimentales. Mais l'inclinaison des éléments-plans, les uns par

rapport aux autres, amène diverses conditions de rencontre pour les rayons réfléchis. Les lieux de l'espace où s'opère le croisement des rayons réfléchis sont d'autant plus éclairés que le nombre de ces derniers qui les traversent est plus grand : ils appartiennent à des surfaces symétriques dont la forme a été trouvée par les géomètres, pour certains cas particuliers, et qui sont désignées sous le nom de *caustiques*.

Ce qu'on appelle *foyer*, dans les miroirs concaves, est la petite portion de la caustique où se croise le plus grand nombre des rayons réfléchis.

Les rayons lumineux, tombant parallèlement à l'axe d'un miroir sphérique, se rencontrent, après leur réflexion, en un foyer dont la distance au miroir est toujours la même quand la courbure de la surface est identique. On considère abstractivement ce foyer comme un point : il est inutile de dire que c'est une surface peu étendue et généralement négligeable.

On voit, d'après ce qui précède, que les rayons parallèles à l'axe, qui tombent sur un miroir concave, sont rendus convergents par la réflexion jusqu'au *foyer principal* : à partir de ce lieu, ils deviennent divergents.

Tout point lumineux placé sur l'axe du miroir, à une distance finie plus grande que son foyer principal, envoie sur sa surface des rayons divergents qui convergent par réflexion jusqu'au foyer et qui divergent ensuite. Le foyer ainsi obtenu n'est pas constant pour une même surface réfléchissante. On démontre que sa distance au miroir est toujours plus grande que la distance focale principale ; que sa position est réciproque de celle du point radieux. On lui a donné le nom de *foyer conjugué*.

Un point radieux, situé hors de l'axe et à une petite distance de cette ligne fictive, donne par réflexion un foyer conjugué dont la position peut être déterminée par rapport à un axe secondaire. En se basant sur des considérations analogues à celles qui nous ont guidé jusqu'ici, on se rend facilement compte de ce fait.

Quand on suppose que la source lumineuse, d'abord éloignée de la surface du miroir, se rapproche de plus en plus de ce dernier, le foyer conjugué se trouve à une distance de plus en plus grande. Si le point radieux se place au foyer principal, la rencontre des rayons réfléchis aura lieu à l'infini, c'est-à-dire qu'ils seront rendus parallèles. Enfin, en admettant que la distance de la source lumineuse au miroir est plus petite que la distance focale principale, on voit que la réflexion produit un effet inverse des précédents, et que la divergence des rayons est ainsi augmentée. Dans ce dernier cas, il n'y a pas de foyer formé réellement ; mais si, par la pensée, on prolonge derrière le miroir les rayons réfléchis à sa surface, on obtiendra abstractivement, par leur intersection, un système de courbes caustiques, et enfin un foyer que l'on a nommé *virtuel* ou *imaginaire*.

Images par réflexion. — Nous venons de supposer aux sources radieuses une étendue infiniment petite, afin de simplifier les explications. Des raisonnements analogues, faits pour tous les points d'un objet de forme quelconque, donnent un moyen facile de comprendre la génération des images au foyer des miroirs concaves, leurs relations de position, de forme et de grandeur par rapport aux corps matériels qu'elles reproduisent pour le sens de la vue.

Les rayons de lumière qui tombent sur les miroirs convexes, quelle que soit leur direction relativement à l'axe, reçoivent toujours par la réflexion un certain

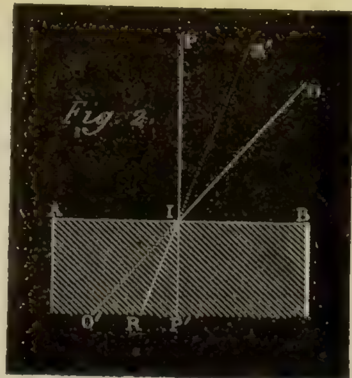
degré de divergence. Jamais il n'y a, par conséquent, rencontre des rayons réfléchis et formation de foyers réels. Les images que nous voyons au moyen de ces miroirs ne peuvent donc être recueillies en avant de leur surface au moyen d'écrans, comme cela se fait dans le cas des miroirs concaves ; elles sont toujours *virtuelles*. On démontre expérimentalement que les images vues dans les miroirs convexes sont toujours droites, c'est-à-dire que leur position est la même que celle des objets qu'elles représentent, que leurs dimensions sont toujours moindres que celles de ces derniers, bien que variant dans certaines limites avec leurs distances au miroir.

Arrivons maintenant à un sujet d'un intérêt beaucoup plus grand pour le physiologiste, à la théorie physique de certaines images dont la formation pourra servir à rendre compte de l'influence exercée sur la lumière par certaines parties de l'organe de la vision.

Réfraction de la lumière.

Nous avons vu que la direction d'un rayon lumineux est rectiligne dans un milieu homogène : il n'en est pas de même, lorsque la transmission de la lumière s'opère dans des corps transparents de nature différente.

Supposons (fig. 2) que AB soit une surface plane de jonction entre deux milieux diaphanes n'ayant pas la même densité ; qu'au-dessous de AB on ait de l'eau, par exemple, et au-dessus, de l'air. Si l'on considère le point O comme un foyer de radiation lumineuse, il enverra sur AB des rayons dans toutes les directions : isolons par la pensée un de ces rayons, celui qui fait, dans un plan déterminé par la normale PP′, l'angle OIB avec la surface AB, et l'angle OIP avec la normale. Si le rayon lumineux OI continuait à se mouvoir rectilignement en pénétrant dans l'eau, il est évident qu'on devrait trouver sa direction dans le prolongement de OI. Les angles, formés par ce rayon et la normale, seraient OIP et O′IP′, égaux entre eux. Mais il n'en est pas ainsi ; et si l'on veut trouver la ligne suivant laquelle le rayon se meut à partir de son entrée dans l'eau, il faut se rapprocher de la perpendiculaire PP′ : on trouve alors que la nouvelle direction du rayon peut être figurée par la ligne IR, formant avec PP′ un angle RIP′ plus petit que l'angle d'incidence OIP.



La déviation de leur direction primitive, l'espèce de brisement qu'éprouvent les rayons en pénétrant dans des milieux différents, a reçu le nom de *réfraction*. Le rayon qui subit cette influence est dit *réfracté*.

L'*angle d'incidence* se compte ordinairement à partir de la perpendiculaire élevée au point où tombe le rayon, et l'on nomme *angle de réfraction* l'espace angulaire compris entre le prolongement de la normale et la ligne suivant laquelle se dirige le rayon réfracté.

Si un point lumineux est placé en R, dans l'expérience précédente, et si l'on suppose un rayon incident RI, celui-ci, au lieu de sortir du liquide suivant IR′, prolongement de RI, prendra le chemin indiqué par la ligne IO, et formera avec la normale un angle OIP plus grand que RIP′.

Ces résultats, faciles à constater pour des corps transparents quelconques et présentant entre eux des différences de densité notables, ont permis de formuler le principe suivant :

Lorsqu'un rayon de lumière tombe obliquement sur la surface qui sépare deux milieux de densités inégales, il se rapproche de la perpendiculaire au point d'incidence en passant du plus dense dans le moins dense, et s'en éloigne dans le cas inverse.

On conçoit, d'après ces notions élémentaires, que, si le rayon tombe normalement à la surface de contact des deux milieux, l'angle d'incidence, à partir de la perpendiculaire, étant nul, l'angle de réfraction sera nul aussi et que le rayon continuera à se mouvoir en ligne droite.

Ces notions sur la réfraction rendent compte, de la manière la plus satisfaisante, de plusieurs phénomènes qui se passent tous les jours sous nos yeux ; de la brisure que paraît éprouver un bâton plongé obliquement dans un liquide, du soulèvement apparent du fond d'un vase dans lequel on verse de l'eau, etc.

Pour mettre en évidence la réfraction que subit la lumière en passant d'un milieu dans un autre, on peut encore tenter l'expérience suivante :

On fait arriver dans une chambre obscure, par une ouverture circulaire, un pinceau de rayons parallèles, que l'on dirige obliquement sur la surface d'un vase en verre rempli d'eau tenant suspendues des particules légères d'un corps solide. Les rayons semblent alors se briser en pénétrant dans le liquide, et la marche du pinceau lumineux, dans ce dernier, est rendue sensible par la réflexion que fait subir à la lumière la poussière solide nageant dans l'eau.

Les physiciens ayant établi avec précision les lois de la réfraction, il importe de connaître certains résultats de leurs recherches qui ont d'étroites relations avec notre but principal.

Lois de la réfraction.

Descartes, le premier, chercha à déterminer les relations qui existent entre le rayon incident et le rayon réfracté. Il observa d'abord que le plan, déterminé par la normale et par le rayon incident, contient toujours le rayon réfracté. A l'aide d'un procédé grossier, il parvint à reconnaître que, si l'on mesure exactement pour deux substances, l'air et l'eau par exemple, l'angle d'incidence et l'angle de réfraction, le quotient obtenu en divisant le sinus de l'angle du premier par le sinus de l'angle du second, reste constant, quelle que soit la direction suivant laquelle le rayon tombe.



Si, dans la fig. 3, l'angle SIP $= i$ est l'angle d'incidence, la longueur de la perpendiculaire SO, abaissée sur le rayon IP, exprime la valeur de *sin i*; il en est de même de la perpendiculaire RO′ pour l'angle de réfraction RIP′ $= r$, qui donne la valeur de *sin r*.

On a toujours $\frac{\sin i}{\sin r} = n$. Cette quantité n, constante pour deux milieux, est ce qu'on nomme l'indice de réfraction.

Les lois de la réfraction se formulent ainsi :

1° *Le plan de réfraction coïncide toujours avec le plan d'incidence.*

2° *Le rapport des sinus d'incidence et de réfraction est constant pour les mêmes milieux.*

Dans le cas particulier de l'air et de l'eau, la valeur n égale $\frac{4}{3}$.

Nous avons supposé que la lumière passait de l'air dans l'eau : si nous imaginons que l'inverse ait lieu, la marche sera réciproque, et la lumière repassera par les mêmes lieux. Il est évident, d'après cela, que si n est l'indice de réfraction de l'air par rapport à l'eau, $\frac{1}{n}$ exprime la valeur de l'indice de réfraction de l'eau par rapport à l'air.

Les savants modernes ont déterminé, avec une précision remarquable, l'indice de réfraction des différents corps solides, liquides ou gazeux : mais l'examen des méthodes ingénieuses qu'ils ont employées étant du ressort de la physique pure, nous devons négliger cette étude.

On démontre, par des considérations fort simples sur les indices de réfraction, que, si un rayon de lumière pénètre dans un milieu réfringent à faces parallèles, il sort de la seconde face parallèlement à lui-même. Si les faces du milieu réfringent présentent une certaine inclinaison, la direction du rayon émergent ne sera plus parallèle à celle du rayon incident : l'angle formé par eux est ce qu'on nomme leur *déviation.*

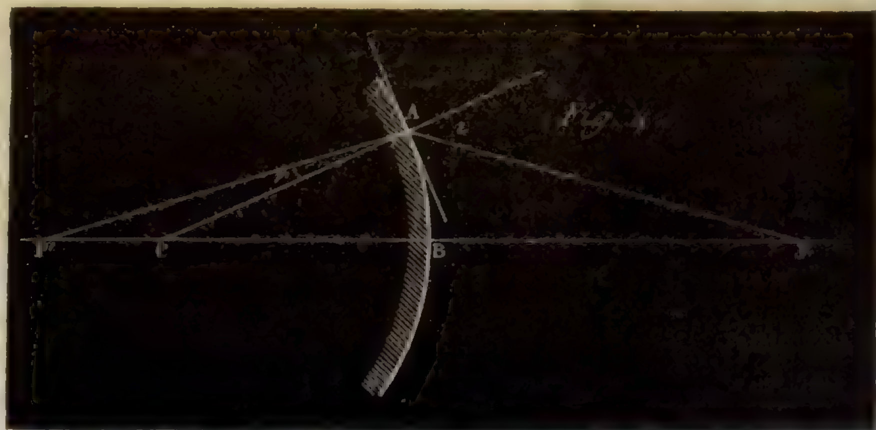
L'étude des déviations, leurs relations avec l'angle formé par les faces qui terminent les milieux réfringents, constituent la théorie des prismes. Nous aurons plus tard à examiner certains phénomènes physiques qui accompagnent la réfraction produite par ces appareils.

Réfraction de la lumière par les milieux terminés par des surfaces courbes.

Les surfaces courbes, qui terminent certains milieux réfringents, pouvant être considérées comme formées par un nombre infini de plans, les lois de Descartes régissent encore la marche des rayons qui s'y réfractent en y pénétrant. La production des caustiques par réfraction, celle des foyers et des images, tiennent à des causes analogues à celles que nous avons énoncées pour la réflexion.

Avant de donner succinctement les faits principaux de la théorie des lentilles, nous allons chercher la marche d'un pinceau lumineux pénétrant dans un milieu réfringent, indéfini, terminé par une surface courbe sphérique.

Si l'on suppose que la surface sphérique qui sépare les milieux réfringents est AB (fig. 4); que les rayons incidents, émanés d'un point P situé sur l'axe,



sont peu inclinés par rapport à cette ligne, on démontre que la relation qui existe

entre la courbure de la surface, la distance du point de radiation et celle du foyer, s'exprime par la formule suivante :

$$p' = \frac{nrp}{p(n-1) - r}, \tag{a}$$

n étant l'indice de réfraction du premier milieu par rapport au second; p la distance du point radieux P; p' la distance du foyer P' à la surface du milieu réfringent; r le rayon de courbure.

La discussion fort simple de la formule (a) prouve que, pour certaines valeurs particulières attribuées à p, la position du foyer p' présente des variations qu'il est aisé de vérifier par l'expérience. C'est ainsi que, si le point P se trouve placé sur l'axe à la distance focale principale, les rayons réfractés seront parallèles; que, s'il est plus rapproché encore de la surface, les rayons réfractés seront divergents dans l'intérieur du milieu.

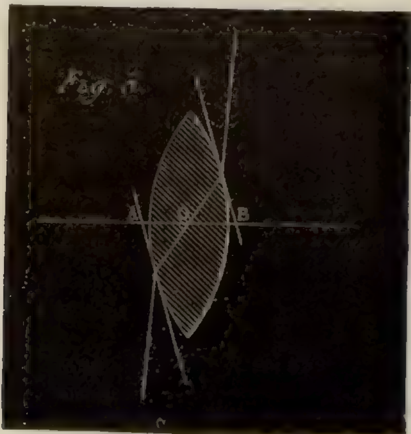
On démontre encore que, dans le cas où la concavité de la surface qui sépare les deux milieux est dirigée vers celui dont l'indice de réfraction est le plus faible, c'est-à-dire vers le point radieux, la valeur de p' est toujours négative; en d'autres termes, que la divergence des rayons est constamment augmentée et le foyer toujours imaginaire.

Des lentilles.

Les lentilles sont des milieux transparents à surfaces courbes, taillés de façon à rassembler ou à disperser les rayons de lumière qui les traversent.

Ces appareils présentent, en général, la forme d'un disque circulaire et sont terminés au moins par une surface courbe. Les lentilles sphériques de verre ou de cristal, presque les seules usitées, sont tantôt *biconvexes* ou *biconcaves*, tantôt *plan-convexes* ou *plan-concaves* : en un mot, les rapports des rayons de courbure de leurs deux surfaces sont très variables.

L'*axe* est une droite indéfinie que l'on suppose traverser la lentille normalement à ses deux faces de terminaison. Il est évident que, dans le cas où les courbures sont sphériques, les centres des sphères auxquelles les deux surfaces de la lentille appartiennent se trouvent sur l'axe. La lentille est bien centrée, quand l'axe passe par le centre de figure de chacune des faces.



Centre optique. — Pour toutes les lentilles, il existe un point remarquable par ses propriétés, que l'on nomme *centre optique.* Tout rayon incident qui, par la réfraction qu'il éprouve à la première face d'une lentille, reçoit une direction telle qu'il passe par le centre optique, sort de la lentille parallèlement à lui-même.

Examinons le cas très simple d'une lentille biconvexe dont les rayons de courbure sont égaux (fig. 5). Le point O étant le milieu de la ligne AB qui mesure son épaisseur, toute ligne droite, passant par O, rencontrera nécessairement les deux côtés de la lentille en des points où les éléments placés sont parallèles. Un rayon, amené par la réfraction à suivre la direction de l'une de ces lignes, se trouvera dans le cas de celui qui traverse une glace à lame parallèle; il émergera parallèlement à la direction

d'incidence sur la première face. Il est donc facile de voir que, dans notre exemple, le point O sera le centre optique de la lentille.

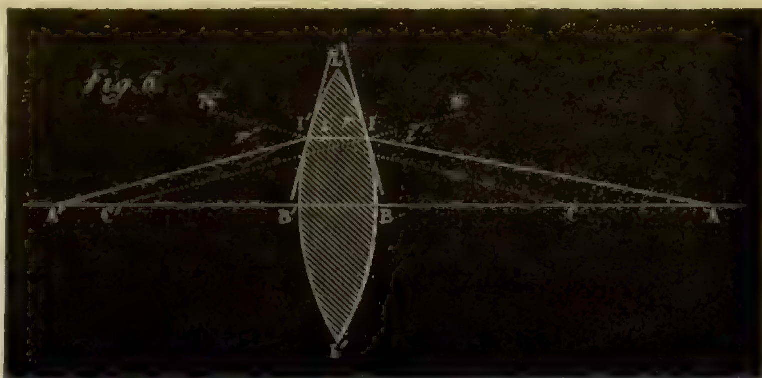
Dans une lentille biconcave dont les courbures appartiennent à un même rayon, le centre optique est placé au milieu de l'épaisseur.

Si la lentille a une de ses faces plane, le rayon de courbure de cette face étant infini, le centre optique se trouvera au point de la surface courbe que traverse l'axe. On démontre, au moyen de considérations géométriques élémentaires, que, quel que soit le rayon de chacune des faces d'une lentille, la distance du centre optique aux deux faces est dans le rapport même des rayons de courbure. Il est évident que, dans certains cas, le centre optique devra se trouver hors de la lentille, il sera toujours sur l'axe optique.

On nomme *axe secondaire* ou oblique toute droite indéfinie ayant une inclinaison quelconque par rapport à l'axe, et passant par le centre optique. Nous avons vu qu'un rayon de lumière, passant par le centre optique d'une lentille, sort parallèlement à lui-même : il est permis, à cause de la faible épaisseur des lentilles, de considérer ce rayon comme sensiblement rectiligne, et comme se confondant avec un axe secondaire.

Marche de la lumière dans les lentilles sphériques.

Pour nous former une idée de la marche que suit la lumière en traversant les lentilles telles que nous les avons définies, considérons le cas d'une lentille biconvexe dont les rayons de courbure sont inégaux, et cherchons le foyer formé derrière la lentille par un point radieux A, situé sur l'axe principal, à une grande distance (fig. 6).



Parmi les rayons émanés de A qui tomberont sur toute la face LBL′, prenons-en un au hasard.

Soit AI ce rayon incident; l'angle qu'il forme avec la normale NC′, au point d'incidence, est AIN $= i$; en passant de l'air dans le verre, le rayon se rapprochera de la perpendiculaire et suivra la direction II′, en faisant un angle r tel que l'on ait $\frac{\sin i}{\sin r} = n$, n étant l'indice de réfraction du verre par rapport à l'air. Le rayon II′ se présentera à la seconde face LB′I′ de la lentille sous un angle CI′I $= i'$, et, arrivé à ce point, au lieu de suivre une direction rectiligne, il se réfractera en passant du verre dans l'air : l'angle r' qu'il fera, en sortant, augmentera sa convergence et sera d'ailleurs lié à l'angle i' par la relation $\frac{\sin i'}{\sin r'} = \frac{1}{n}$. Le foyer du point A sera en A′; car une construction analogue pour tout rayon émané de ce point radieux et peu éloigné de l'axe nous aurait montré qu'il doit suivre la marche que nous assignons au rayon AI.

Ce que nous avons dit pour les foyers des miroirs courbes peut s'appliquer aux points A et A′, que l'on nomme *foyers conjugués.*

En considérant l'épaisseur de la lentille comme une quantité négligeable, par rapport à la distance du foyer au point lumineux, et relativement à la grandeur des rayons de courbure des lentilles, les physiciens ont trouvé une formule très simple pour exprimer les relations qui existent entre les foyers conjugués des lentilles biconvexes. Ils admettent que l'on considère seulement la marche des rayons rapprochés de l'axe, c'est-à-dire de ceux qui n'ont qu'un faible degré de divergence.

En posant, dans le cas le plus général, les distances de A et de A′ à la lentille égales à F et F′, n étant l'indice de réfraction, R et R′ les rayons de la première et de la seconde face, on a la formule suivante :

$$\frac{1}{F} + \frac{1}{F'} = \frac{n-1}{R} + \frac{n-1}{R'}$$

La discussion de cette équation permet de reconnaître que, si les rayons incidents sont parallèles, la position de leur foyer est invariable pour chaque lentille. Le lieu de leur rencontre est ce qu'on nomme le *foyer principal.*

Dans le cas où le point lumineux est situé sur l'axe à une distance moindre que l'infini et plus grande que la longueur focale principale, il y a formation d'un foyer réel qui s'éloigne d'autant plus de la lentille que la source de lumière s'en rapproche davantage.

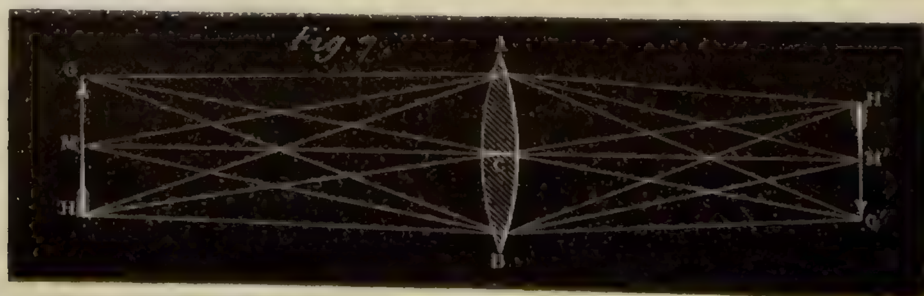
Si le point lumineux se trouve placé au foyer, la rencontre des rayons ne s'opère qu'à l'infini, c'est-à-dire qu'ils sont rendus parallèles.

Lorsque la source lumineuse est comprise entre le foyer principal et la lentille, les rayons, en sortant de cette dernière, sont divergents, et le foyer devient virtuel.

Pour arriver à la théorie des images que les objets, présentant une certaine étendue, forment au moyen des lentilles biconvexes, il faut chercher la position du foyer des rayons envoyés par un point lumineux situé hors de l'axe, mais à une petite distance de cette ligne.

En physique, on démontre que la relation qui existe entre les distances de ces lieux se détermine au moyen de considérations fort simples sur le centre optique par rapport aux axes secondaires que nous avons déjà définis.

Un objet ayant une étendue appréciable, mais qui sera assez petit ou placé assez loin d'une lentille pour que la distance qui sépare ses points du centre optique puisse être considérée comme étant peu différente pour chacun d'eux, formera une image nette par réfraction. On voit (fig. 7) la marche des pinceaux émanés



de divers points d'un objet dans l'intérieur d'une lentille biconvexe.

La théorie et l'expérience prouvent que l'image, ainsi obtenue au moyen d'une lentille biconvexe, est renversée et a une étendue très petite, si l'objet est placé à une grande distance. L'image renversée croît en grandeur à mesure que l'objet se rapproche du foyer principal de la lentille, et là elle atteint son maximum d'étendue

A partir de ce point, si l'objet se meut encore vers la lentille, il n'y a plus d'image que l'on puisse recevoir sur un écran : mais un œil, placé assez près de la lentille pour recevoir les rayons divergents qui en sortent, percevra une image droite et virtuelle. C'est le cas où se trouve placé l'observateur qui fait usage d'une *loupe*.

Si nous avons donné quelque développement à la théorie des lentilles biconvexes, c'est que la formule qui représente leur action est générale. En faisant différentes hypothèses sur la valeur et la direction des courbures, on l'applique à tous les milieux réfringents sphériques dont la construction est la plus usitée. Il est essentiel de faire observer d'ailleurs que ce sont les appareils de réfraction dont la forme offre le plus d'analogie avec celle des milieux de l'œil qui sont l'objet de notre étude.

Rien n'est plus simple que de vérifier par l'expérience les divers résultats indiqués par la théorie et déjà énoncés plus haut. Il suffit d'avoir à sa disposition une lentille biconvexe et de se servir de la flamme d'une bougie comme source lumineuse.

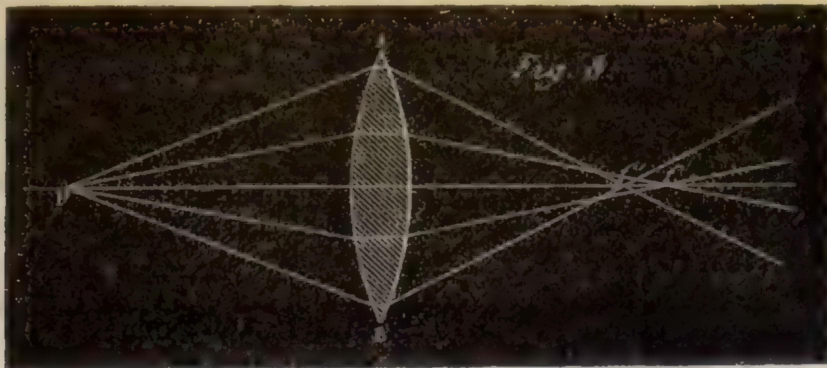
Les images qui se forment peuvent être recueillies sur une feuille de papier ou sur une lame de verre dépolie.

On constate ainsi que les images, au foyer des lentilles, ont une très grande netteté, quand on place l'écran, sur lequel elles se projettent, perpendiculairement à l'axe de la lentille. Il est aisé de voir aussi que ces images sont planes; ce dernier résultat, sur lequel l'expérience, même quand on la fait avec des conditions d'exactitude rigoureuses, ne laisse aucun doute, a été attaqué par quelques physiciens. Les savants qui ont soutenu l'opinion que nous énonçons, se basant sur quelques considérations mathématiques, pensent que l'image se forme sur une surface courbe. Des géomètres distingués ont réfuté cette opinion, sur laquelle l'expérience ne permet pas de s'arrêter.

Aberration de sphéricité.

Nous avons jusqu'ici considéré les lentilles comme des appareils optiques capables de produire des images d'une grande perfection : le fait n'est pourtant pas exact, et plusieurs causes tendent à nuire à la pureté des effets qu'elles produisent.

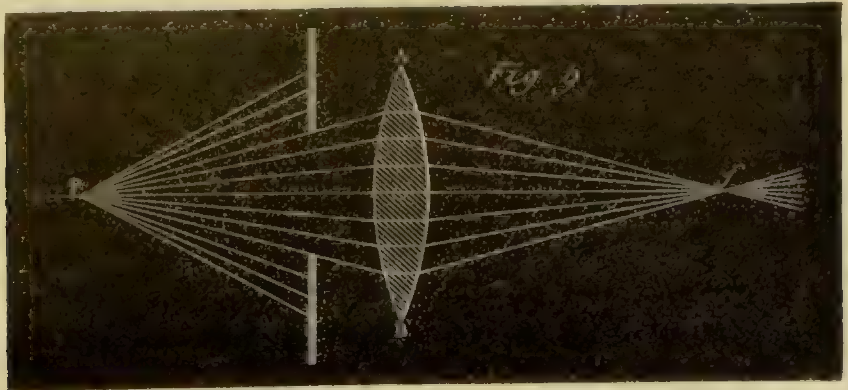
Il est évident, d'après ce que nous avons dit précédemment, que la condition nécessaire pour qu'une image ait de la netteté, c'est que tous les rayons lumineux émanés de chacun des points d'un objet viennent concourir en un même foyer. Or, des considérations élémentaires font comprendre que cette condition n'est pas remplie pour tous les rayons qui sortent de la lentille : les rayons centraux, c'est-à-dire ceux qui sont très rapprochés de l'axe, forment leur foyer d'une manière régulière en *f* pour un point radieux P (fig. 8) ; mais ceux qui tombent à une petite



distance des bords de la lentille, formant un angle d'incidence notablement plus

grand que celui des précédents, sortent avec une convergence plus forte, et le foyer f' se trouve entre celui des rayons centraux et la lentille. Cette cause d'imperfection des images obtenues par réfraction constitue l'*aberration de sphéricit* C'est une conséquence nécessaire de la courbure sphérique.

Certaines dispositions ont permis aux opticiens de corriger l'aberration de sphéricité : les lentilles dans lesquelles on a fait disparaître cette cause d'imperfecti sont nommées *aplanétiques*.



Dans la plupart des instruments d'optique où l'on se sert de lentilles, on se born pour détruire l'aberration de sphéricité, à arrêter les rayons les plus diverge qui tomberaient sur les bords. Il est évident que ce procédé est bien grossier, qu'il ne remplit qu'imparfaitement le but qu'on se propose, puisqu'il ne donne la netteté aux images qu'en leur enlevant une partie de leur éclat.

Nous verrons la disposition admirable de la lentille cristalline, et le moyen em ployé par la nature pour obvier à l'inconvénient indiqué.

Dispersion de la lumière et phénomènes qui s'y rapportent.

Lorsqu'un pinceau lumineux traverse un milieu réfringent terminé par de surfaces non parallèles, nous avons reconnu qu'il est dévié de sa direction prim tive. Un effet, non moins important à signaler, se produit constamment dans l mêmes circonstances : le faisceau de lumière blanche paraît se décomposer en u série de pinceaux élémentaires présentant des couleurs variées.

Cette observation permet de constater que la lumière blanche n'est pas hom gène, qu'elle est composée d'un grand nombre de rayons élémentaires doués réfrangibilités différentes. Le dédoublement de la lumière blanche, par l'influen du prisme, constitue la *dispersion de la lumière*, étudiée d'abord par Newton, q en détermina les lois.

Nous citerons quelques expériences qui ne laissent aucun doute sur l'inég réfrangibilité des rayons diversement colorés. Une de ces expériences consiste disposer sur une même ligne horizontale une série de bandes de papier présenta plusieurs couleurs : si l'on examine cette ligne à travers un prisme de verre, trouve que les portions offrant des teintes différentes, au lieu d'être placées sur prolongement d'une même droite, occupent des hauteurs plus ou moins grande Les rayons de couleurs dissemblables sont donc, comme cette expérience le prouv déviés avec une énergie variable.

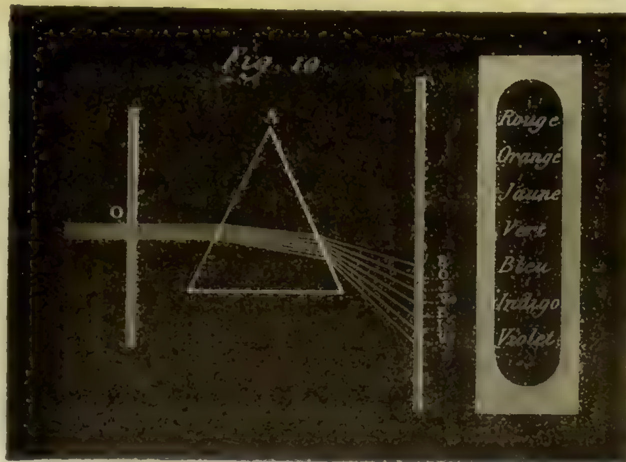
La même vérité se démontre à l'aide d'une observation aussi facile que la pr cédente. On divise, par un diamètre, un disque circulaire en deux moitiés égal

ont l'une est peinte en rouge et l'autre en bleu ; puis on trace, à leur surface, des
aits noirs également fins et séparés par les mêmes intervalles. Lorsqu'on cherche à
oir, avec une même lentille biconvexe, les lignes tracées sur chacun des segments,
n trouve qu'elles apparaissent, avec leur plus grande netteté, à une distance plus
uible pour le bleu que pour le rouge. Les conclusions de cette expérience sont les
iêmes que dans le cas précédemment étudié.

Pour démontrer d'une manière plus directe la composition d'un pinceau de
umière blanche, il nous reste à exposer les moyens d'analyser un faisceau de lu-
iière solaire, et de recomposer ultérieurement de la lumière blanche au moyen
es rayons élémentaires isolés.

La décomposition d'un faisceau de lumière solaire s'opère facilement au moyen
'un prisme de verre ordinaire ou de cristal. Le phénomène que l'on observe est
n des plus brillants de l'optique.

A travers une ouverture circulaire O, pratiquée au volet d'une chambre obscure,
n fait pénétrer un étroit faisceau de rayons parallèles réfléchis dans une direction
orizontale au moyen d'un héliostat. A peu de distance de cette ouverture est dis-
osé un prisme dont l'angle réfringent A est dirigé en haut et dont les arêtes
ont horizontales. Ce prisme se
rouve sur le trajet des rayons
olaires.



Si l'on place un écran blanc
quelque distance derrière le
risme, on observe non pas une
urface circulaire blanche,
omme cela eût eu lieu sans l'in-
erposition du milieu réfrin-
ent, mais une image allongée
résentant les plus vives cou-
eurs : c'est le *spectre solaire*.

Dans la disposition adoptée, on reconnaît que le spectre occupe une bande dirigée
erticalement, terminée latéralement par deux droites et dont les extrémités supé-
ieure et inférieure sont elliptiques. Les couleurs que l'on observe sont, en procédant
e haut en bas, le *rouge*, l'*orangé*, le *jaune*, le *vert*, le *bleu*, l'*indigo*, le *violet*.

L'expérience ayant démontré que, si l'on fait passer chacun des faisceaux élé-
nentaires à travers un prisme, le rayon est dévié sans nouvelle décomposition, on
dmet que les sept rayons désignés sont primitifs ou *élémentaires*.

Faisons remarquer toutefois que, pour que le résultat énoncé soit complétement
xact, il est nécessaire de prendre des précautions toutes spéciales. Dans le spectre
récédent, toutes les teintes sont plus ou moins lavées des teintes voisines.

Pour obtenir un spectre parfaitement pur, c'est-à-dire dans lequel chacun des
ayons puisse être considéré comme élémentaire, il est nécessaire d'employer un
risme d'une grande perfection sous le rapport de l'homogénéité. De plus, au lieu
le faire pénétrer les rayons parallèles à travers une ouverture circulaire assez
arge, on prend pour source de radiation une fente excessivement étroite que l'on
lace sur le trajet des rayons solaires, ou bien encore on emploie le foyer linéaire
l'une lentille cylindrique.

Le spectre que l'on reçoit sur un écran ou mieux au foyer d'une lunette est
emarquable par la pureté de ses couleurs primitives. On constate aussi un phéno-

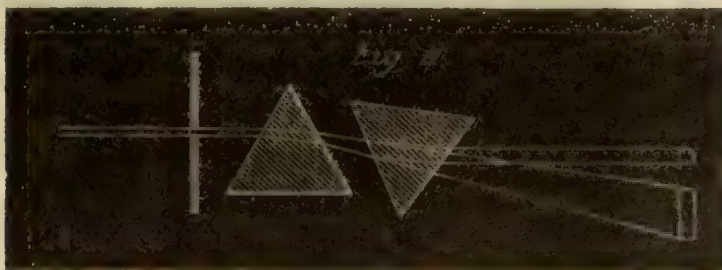
mène d'une haute importance au point de vue physique : c'est que, dans chacun des teintes, il existe des espaces linéaires complétement obscurs, irrégulièremen distribués, mais en très grand nombre. Ce sont les *raies du spectre* dont la décou verte appartient à Fraüenhofer.

La couleur des rayons lumineux n'étant pas susceptible de définition et se rap portant seulement à une affection spéciale du *sensorium*, il est permis de conclur des résultats que nous venons de faire connaître que tout faisceau de lumièr blanche est toujours composé d'une infinité de rayons élémentaires doués de ré frangibilités différentes. Or ces rayons, inégalement réfrangibles, ont la propriét d'ébranler d'une manière spéciale la membrane nerveuse qui tapisse le fond d l'œil et de transmettre à l'encéphale les diverses sensations correspondantes chacune des portions du spectre.

Il s'agit maintenant de démontrer comment, avec les rayons élémentaires, o peut recomposer de la lumière blanche. Plusieurs expériences ont été instituée pour mettre cette vérité en évidence.

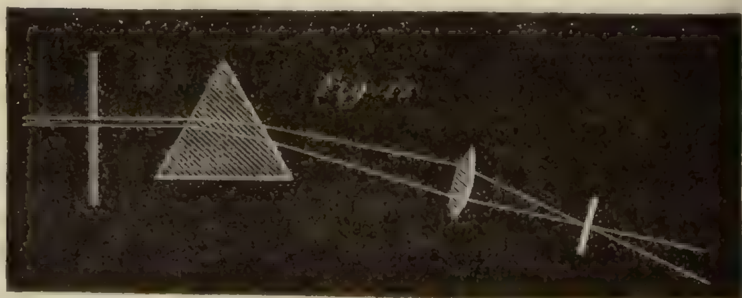
Le procédé le plus simple qui se présente à l'esprit consiste à faire passer le fais ceau de rayons, dispersés par un premier prisme, à travers un second de même sub stance, dont l'angle réfringent est égal à celui du premier et inversement dirigé.

Les rayons dispersés par le premier prisme, en se réfractant à travers le second reçoivent une direction telle que leur parallélisme est rétabli. Si l'on projette l pinceau lumineux sur un écran blanc (fig. 11), au lieu d'un spectre on reçoit un image circulaire et par faitement blanche.



Il est permis de con clure de cette premièr observation que, pou recomposer de la lu mière blanche avec le rayons simples, il suffit de leur donner à tous la même direction. Nous allon voir, par quelques expériences, que l'on peut arriver au même résultat en faisan concourir en un même point les diverses couleurs élémentaires.

Supposons (fig. 12) que l'on place, sur le trajet d'un faisceau de lumière dis persé par un prisme, une lentille biconvexe. La convergence, imprimée aux différents rayons simples par le milieu ré fringent qu'ils pénètrent, sera telle que tous pas seront par une surface peu étendue qui est le foyer de la lentille. Or, si l'on place à ce foyer un pet écran de papier ou de verre dépoli, on trouve une petite image circulaire, blanch surtout à la partie centrale. En deçà et au delà du foyer, les couleurs primitive paraissent de nouveau, parce que tous les rayons ne concourent pas au mêm point ou bien ont des directions différentes.



On peut arriver à un résultat identique en faisant tomber sur un miroir concave l pinceau dispersé par un prisme, et constater que l'image focale est parfaitemen blanche.

Pour compléter les preuves à l'appui de la proposition énoncée, il existe une dernière expérience à connaître; mais, pour faire comprendre parfaitement les résultats qu'elle fournit, nous devrons donner, après son exposition, quelques développements sans lesquels elle serait tout à fait inexplicable.

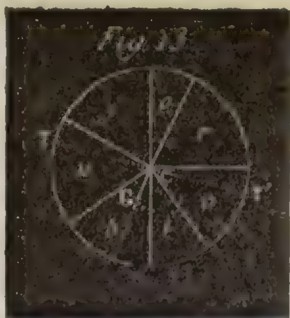
Un disque circulaire de carton blanc est partagé en sept secteurs, dont les surfaces sont proportionnelles à l'étendue que chacune des couleurs occupe dans le spectre, et chacun de ces secteurs est recouvert des teintes primitives, d'après l'ordre qu'elles affectent dans le spectre solaire lui-même.

Si, au moyen d'un axe perpendiculaire au plan du disque, on imprime à celui-ci un mouvement de rotation assez rapide, on ne distingue plus aucune des couleurs, mais on a la sensation d'une surface circulaire blanche.

Cette expérience, nous l'avons dit, a besoin d'être interprétée. Ici la rencontre des rayons de différentes teintes, en un même point, ne s'opère que dans l'œil, mais elle ne peut être que successive. Comment la sensation de la lumière blanche peut-elle provenir d'une succession d'impressions qui devraient faire naître la notion des couleurs? Pour arriver à comprendre ce phénomène, il faut, par anticipation, énoncer un fait sur lequel nous aurons occasion de revenir : c'est que toute sensation lumineuse a dans l'œil une certaine durée. Si le mouvement de rotation du carton peint est assez lent pour que la sensation produite par chacun des secteurs ait le temps de disparaître, lorsque l'image du suivant arrive au même point de la rétine, toutes les couleurs sont perçues séparément. Mais, quand le nombre des tours est assez grand pour que la dernière image se peigne sur la rétine avant que la sensation produite par la première ait cessé, on a, pendant la durée d'une sensation, une même surface ébranlée par les sept couleurs primitives à la fois; de là naît encore la perception de la lumière blanche, comme dans le cas où les sept rayons élémentaires viennent se peindre en concourant sur les mêmes points d'un écran. On ne peut aller plus loin dans l'explication du fait qui vient d'être exposé, ni dire comment s'opère cette mystérieuse transformation des couleurs en une teinte unique.

Les divers rayons primitifs, en se combinant en nombre quelconque, donnent lieu à des teintes composées, variables à l'infini, suivant la proportion de chacune des couleurs élémentaires.

Quoique l'habitude nous fasse prévoir presque instinctivement quel sera le résultat du concours, en un même point, de deux ou de plusieurs rayons élémentaires, il est vrai de remarquer que nous ne saurions, en général, donner le motif de nos prévisions.



Newton a laissé aux physiciens une règle empirique qui permet de déterminer, avec une approximation très satisfaisante, la couleur composée produite par la réunion d'un nombre quelconque de couleurs prismatiques. Malgré un grand nombre de recherches sur la marche qu'a dû suivre ce physicien dans la découverte de la construction géométrique que nous allons faire connaître, il est généralement admis qu'on ignore complétement les idées qui l'ont dirigé.

La circonférence d'un cercle *r*, *v*, *j*, *v*, *b*, *i*, *v* (fig. 13), est partagée en sept arcs correspondants aux sept couleurs dominantes du spectre solaire: ces arcs sont

inégaux, et leurs grandeurs, rapportées à la circonférence, sont $r = \frac{1}{9}$, $o = \frac{1}{16}$, $j = \frac{1}{10}$, $v = \frac{1}{9}$, $b = \frac{1}{10}$, $i = \frac{1}{16}$, $v = \frac{1}{9}$.

En admettant, par hypothèse, que tous les points de la circonférence ont le même poids, on détermine le centre de gravité r, o, j, v, b, i, v, des sept arcs; on place ensuite, en chacun de ces points, des poids proportionnels aux intensités des couleurs que l'on veut faire entrer dans une combinaison. On comprend qu'il est possible de trouver, d'après les règles de la statique, le centre de gravité de tout le système. Si celui-ci se confond avec le centre de figure, on peut en conclure que la résultante de toutes les couleurs prises ensemble est le blanc. Mais lorsque le centre de gravité se trouve sur un point quelconque G du cercle, il est nécessaire de joindre ce point au centre C et de prolonger la droite au delà de C jusqu'à la circonférence, pour obtenir la teinte résultante. Celle-ci est connue par la couleur correspondante à l'arc rencontré : la vivacité de la teinte est de plus indiquée par la longueur de la ligne C. Quand le prolongement de cette droite partage un des arcs en deux parties égales, la coloration est simple et correspond uniquement à celle de l'arc; dans le cas contraire, elle se trouve plus ou moins mélangée de la couleur de l'arc voisin vers lequel elle s'incline.

Si deux couleurs, en se combinant, produisent la sensation du blanc, on dit qu'elles sont *complémentaires* l'une de l'autre. On peut toujours, au moyen de construction de Newton, trouver la complémentaire d'une teinte donnée : il suffit, en se guidant sur les principes précédents, de trouver un point de la circonférence T auquel correspondent cette couleur et sa teinte. Si l'on mène par le centre C un diamètre, le point T' de la circonférence qu'il rencontre indique précisément la teinte complémentaire cherchée.

Nous nous bornons à signaler cette règle, dont il est d'ailleurs facile de donner la démonstration d'après les principes déjà énoncés.

La connaissance des raies du spectre a rendu à la physique de grands services en permettant de déterminer les indices de réfraction des différentes substances non plus par rapport à une couleur, comme on l'avait fait jusqu'alors, mais relativement à une des raies fixes.

Pour comprendre ce qui nous reste à dire sur la dispersion et l'achromatisme, il importe de donner la définition d'une valeur dont il est souvent question. Les diverses substances réfringentes dispersant plus ou moins la lumière, il est nécessaire de connaître le pouvoir dispersif de chacune d'elles. Le coefficient qui représente cette quantité n'est rien autre chose que la différence qui existe entre les indices de réfraction de deux raies du spectre prises l'une dans le rouge, l'autre dans le violet.

De l'achromatisme.

Pendant longtemps, sur l'autorité de Newton, l'achromatisme d'un système réfringent fut considéré comme impossible. Cet illustre géomètre avait admis que la dispersion est constamment proportionnelle à la réfraction. Dans cette supposition, si la lumière traverse deux milieux réfringents, elle peut sortir blanche du second, à la condition seulement que les rayons émergents soient parallèles aux rayons incidents.

Euler attaqua, le premier, le principe posé par Newton, et, se fondant

l'achromatisme des images dans l'œil, chercha à trouver la possibilité de l'achromatisme en optique.

C'est en réalité à Dollond qu'appartient l'honneur d'avoir démontré, contrairement à l'opinion de Newton, que la dispersion n'est pas proportionnelle à la réfraction, et que l'on peut achromatiser un faisceau de rayons dispersés par un prisme, tout en lui conservant un certain degré de déviation.

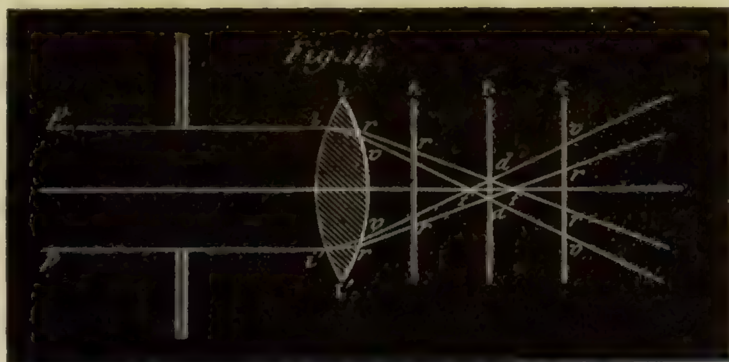
Le procédé expérimental employé par Dollond consiste à disposer sur le trajet d'un faisceau lumineux deux prismes dont les angles réfringents sont placés en sens inverse. La première fois qu'il obtint le résultat cherché, l'un des prismes était solide, l'autre était formé par un liquide compris entre deux lames de verre, dont l'angle dièdre pouvait varier et dont les faces étaient parallèles.

On voit, à l'aide de ce procédé, qu'il est facile d'obtenir un faisceau émergent qui donne une image blanche sur un écran et conserve une inclinaison notable par rapport aux rayons incidents. L'achromatisme est donc possible, et la condition nécessaire pour l'obtenir, c'est de faire passer le rayon lumineux à travers deux prismes inversement disposés dont les angles réfringents et le coefficient de dispersion soient tels que le faisceau lumineux soit dévié et que tous les rayons primitifs soient parallèles entre eux à leur sortie du système.

Les faits précédents sont destinés à faire comprendre ce qui nous reste à dire sur un point nécessaire à l'intelligence de quelques parties de la théorie optique de la vision; nous voulons parler de l'*aberration de réfrangibilité*.

Les appareils lenticulaires, déjà étudiés antérieurement, sont en effet, d'après leur forme, assimilables à des prismes dont l'angle réfringent est différent à partir du centre jusqu'aux bords. Les lentilles ont donc aussi la propriété de disperser la lumière en même temps qu'elles la réfractent; de là naît une imperfection fort grave à laquelle longtemps il a été impossible de remédier. Il est facile de rendre compte des phénomènes de coloration qu'elles produisent en tenant compte des considérations suivantes.

Soit (fig. 14) un faisceau *pp* de rayons parallèles tombant à la surface d'une lentille biconvexe L L′; chacun des rayons incidents sur la lentille se comportera comme *pi*, c'est-à-dire que chacun des rayons élémentaires sera inégalement réfracté : le violet le sera plus que le rouge. Ainsi la rencontre avec l'axe se fera en *f* pour les rayons violets, en *f′* à une plus grande distance pour les rouges. Il résulte de là que l'ensemble des rayons sortant d'une lentille peut être considéré comme formant, à leur émergence, une série de cônes dont les bases sont à la surface lenticulaire, et les sommets sur l'axe, à des distances plus ou moins grandes comprises entre *f* et *f′*.



On peut voir, d'après cela, que, dans la partie centrale du faisceau réfracté, on a toujours de la lumière blanche; car, en chaque point, il passe des rayons de toute réfrangibilité. Mais il n'en est plus de même sur les bords, puisque

quelques uns des rayons nécessaires pour donner la sensation de la lumière blanche manquent constamment.

C'est ce qu'on reconnaît en plaçant successivement sur le trajet du faisceau réfracté des écrans blancs et opaques en A, B, C. On obtient ainsi, en A, une surface circulaire blanche, bordée de franges colorées, et dont la bande extrême est d'un rouge pur. En C, c'est encore un cercle blanc, mais terminé par une circonférence violette. L'image reçue en B est la moins étendue et la plus lumineuse; les bandes terminales sont beaucoup plus étroites, et les plus petits déplacements de l'écran suffisent pour faire changer leurs teintes.

Tel est le phénomène désigné par le nom d'aberration de réfrangibilité. Il n'est pas besoin de beaucoup de réflexion pour comprendre que c'est là une source considérable d'imperfection dans les images obtenues au foyer des lentilles.

Le but de l'achromatisme est de trouver un moyen de faire disparaître ce défaut des appareils lenticulaires, c'est-à-dire d'amener à un même foyer les rayons de toutes les teintes primitives.

Dès que le procédé employé pour achromatiser un prisme est connu, on doit voir la possibilité de rendre une lentille achromatique par un moyen analogue. Une lentille biconvexe (fig. 15) étant donnée, pour arriver à la rendre achromatique il faut lui accoler une lentille biconcave d'un rayon de courbure convenable et dont la nature physique soit telle qu'avec un pouvoir réfringent presque identique, elle ait un coefficient de dispersion très différent. C'est ainsi que l'on achromatise une lentille biconvexe de flint-glass au moyen d'une lentille biconcave de crown-glass. Les opticiens obtiennent les rayons de courbure convenables par le tâtonnement; mais il serait facile de les déduire du calcul, en posant comme condition du problème que les rayons rouge et violet convergeassent sur l'axe en un même point focal.



En effet, soient R et R′ les rayons de courbure de la lentille biconvexe: l'un des rayons de la lentille biconcave sera R′, l'autre que l'on cherche sera x. D'après la formule des lentilles, donnée précédemment, la distance focale principale a de la première lentille sera :

$$\frac{1}{a} = \frac{n-1}{R} + \frac{n-1}{R'}$$

en prenant n pour valeur de l'indice de réfraction des rayons rouges dans le flint a', distance focale principale de la lentille biconcave, sera

$$\frac{1}{a'} = \frac{n'-1}{R'} - \frac{n'-1}{x}$$

n' étant l'indice de réfraction des rayons rouges dans le crown-glass.

A, distance focale principale du système géminé, sera exprimé par la formule :

$$\frac{1}{A} = \frac{n-1}{R} + \frac{n-1}{R'} - \left(\frac{n'-1}{R'} + \frac{n'-1}{x}\right)$$

Pour que l'achromatisme subsiste, il faudra que la distance focale A des deux lentilles ne subisse aucune variation, si au lieu de n et n' on introduit dans la formule l'indice de réfraction des rayons violets pour le flint et le crown. Or, la valeur de cette quantité est exprimée par $(n + dn)$ pour le premier milieu réfringent, et $(n' + dn')$ pour le second; en considérant dn et dn' comme les coefficients de dispersion de chacune des substances, on voit, en faisant le calcul, qu'on arrive à l'équation suivante :

$$\frac{1}{A} = \frac{n-1}{R} + \frac{n-1}{R'} - \left(\frac{n'-1}{R'} + \frac{n'-1}{x}\right) + dn\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'}\right) - dn'\left(\frac{1}{R'} + \frac{1}{x}\right)$$

Il en résulte que la valeur de A ne subit pas de variation dans le cas seulement où l'on a :

$$dn\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'}\right) = dn'\left(\frac{1}{R'} + \frac{1}{x}\right)$$

La condition de l'achromatisme du système composé est donc, que l'on ait entre les rayons de courbure des lentilles et leur coefficient de dispersion la relation :

$$\frac{dn}{dn'} = \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'}\right) : \left(\frac{1}{R'} + \frac{1}{x}\right)$$

L'achromatisme, obtenu par les moyens que nous venons de faire connaître, suffit généralement aux besoins des arts. Il faut remarquer toutefois que les rayons rouge et violet, étant seuls amenés à la coïncidence, les rayons intermédiaires peuvent encore donner des teintes beaucoup moins apparentes, à la vérité, mais qui sont l'origine des couleurs connues sous le nom de *spectres secondaires.*

Des couleurs. — On a déjà vu que tout faisceau de lumière blanche est constitué par la réunion de rayons diversement réfrangibles. Les expériences précédentes ont prouvé également que chacun de ces rayons a la propriété de faire naître, dans l'appareil visuel, des sensations spéciales dites sensations des *couleurs.*

Mais il importe de faire observer que la coloration des corps de la nature n'a pas toujours une origine dérivant de la réfraction. Ces corps sont, en effet, tantôt opaques, tantôt transparents ; mais, quel que soit leur degré d'opacité, il faut toujours admettre qu'ils laissent passer la lumière dans une portion de la couche qui les limite, quelque mince qu'on la suppose.

Toutes les matières non lumineuses par elles-mêmes, lorsqu'elles sont éclairées par la lumière blanche, ne laissent pas pénétrer dans l'œil, soit par transparence, soit par réflexion, tous les rayons qui leur arrivent: toutes absorbent une proportion plus ou moins forte de ces derniers.

Si le corps opaque paraît blanc, si le corps translucide paraît incolore, il faut en conclure que l'absorption porte également sur les rayons de toutes les réfrangibilités. Mais, dans la majorité des cas, il n'en est point ainsi, et les diverses substances offrent une coloration plus ou moins prononcée.

On se rend compte de ce phénomène, en admettant que le coefficient d'absorption n'est pas le même pour les rayons de différentes réfrangibilités. La matière que l'on examine se peint dans l'œil, par réflexion ou par transparence, seulement au moyen des rayons qui n'ont pas été absorbés.

Si l'on suppose un fragment de verre transparent, d'un rouge aussi pur que celui du spectre, il faudra nécessairement admettre qu'il a la propriété d'absorber complétement les rayons des six autres teintes primitives, et de laisser passer seulement la couleur la moins réfrangible. Mais ce cas est jusqu'ici purement hypothétique et les teintes des corps de la nature, quelque pures qu'elles nous paraissent, ne sont jamais que le résultat de la sensation produite par le rayon dominant. On peut toujours, en faisant passer un rayon de lumière blanche à travers un de ces verres et l'analysant par le prisme, trouver que, outre la couleur dominante, il passe d'autres couleurs appartenant à des rayons doués d'une autre réfrangibilité.

Il est facile de faire l'application de ces principes à tous les corps. La plupart des matières pigmentaires, que l'on trouve accumulées dans diverses parties des animaux, nous présentent une variété infinie de coloration due à des phénomènes de cet ordre. Faisons observer toutefois que ce que l'on nomme généralement la couleur noire n'est, en dernière analyse, que le résultat de l'absorption totale des rayons lumineux; d'où naît la sensation spéciale due au repos absolu de la totalité ou de quelques unes seulement des parties de la membrane sensible qui tapisse l'appareil oculaire. Quelques uns des pigments qui entrent dans la composition de nos tissus étant noirs, le pigment choroïdien par exemple, nous devons en conclure que les molécules organisées qui les constituent ont la propriété d'absorber tous les rayons lumineux qui les pénètrent. Bien que cette absorption totale ne se réalise jamais, il est pourtant vrai de dire que le coefficient d'absorption de ces matières est quelquefois si élevé que, sous une épaisseur même peu considérable, elles arrêtent complétement la transmission de la lumière ou annihilent sa réflexion.

Outre les phénomènes de coloration qui ont pour cause la dispersion et l'absorption, il en est quelques autres qui, par leur origine, se rattachent à la théorie des interférences. L'étude de cette partie de la physique se rapporte à une des théories les plus délicates de l'optique : son importance ici est d'ailleurs trop faible pour qu'il soit nécessaire de s'y arrêter; nous nous contenterons de dire que la coloration si brillante des élytres de quelques insectes, celle de la nacre de perle, des ailes de quelques oiseaux, la teinte éclatante du *tapis* de quelques mammifères, reconnaissent cette origine et ne tiennent pas à l'existence de pigments spéciaux, mais à une structure finement striée, analogue à celle des appareils connus en optique sous le nom de *réseaux*.

Telles sont les notions générales sur la lumière qu'il nous a paru indispensable de rappeler sommairement, avant d'aborder l'histoire du sens de la vue.

CONDITIONS DE LA VISION EN GÉNÉRAL.

L'étude anatomique des appareils optiques dans la série animale, en faisant passer en revue des organes qui sont en quelque sorte élémentaires chez les êtres inférieurs, et qui prennent un degré de complication et de perfection croissant à mesure que l'on s'élève dans l'échelle, est le moyen le plus convenable pour bien saisir les conditions indispensables à l'accomplissement de la fonction qui nous occupe.

Qu'on imagine une surface douée d'organisation et de sensibilité, surface qui sera plane, concave, ou convexe, et dépourvue de tout appareil optique propre

à concentrer la lumière ; il est évident qu'avec de telles ressources un animal n'arrivera jamais qu'à distinguer les ténèbres de la clarté. Il suffit, pour ne conserver aucun doute à cet égard, de se rappeler quelques uns des principes d'optique précédemment exposés. Un point lumineux, avons-nous dit, envoie des rayons dans toutes les directions : si donc, un nombre quelconque de points radieux sont placés en avant d'une rétine nue, chacun ébranlera la surface sensible tout entière, puisqu'il n'y a aucun moyen d'élimination ou de concentration. De cette superposition d'impressions diverses, dans chacun des points de la membrane nerveuse, résultera nécessairement une sensation mixte, une sorte de résultante des composantes partielles agissant en chaque point, et tout se réduira à une perception lumineuse, vague et confuse.

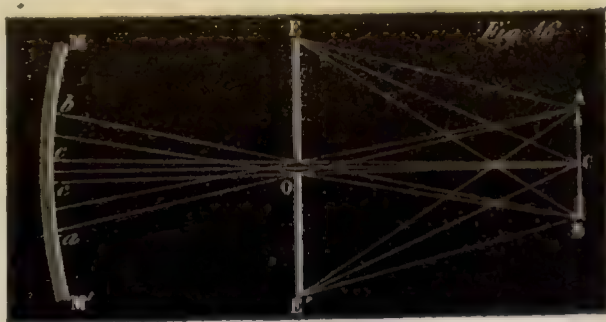
On ne saurait donc hésiter à admettre l'imperfection de la fonction visuelle dans certains animaux inférieurs, tels que les annélides des genres *Nereis*, *Sanguisuga*, etc., qui présentent seulement des points oculaires, c'est-à-dire de simples terminaisons du nerf optique, disposées avec plus ou moins de symétrie à la surface de leurs téguments, et accompagnées de substance pigmentaire.

C'est la vision réduite à son plus grand degré de simplicité. Si l'on voulait ici la définir convenablement, il faudrait dire qu'elle doit être considérée seulement comme une aptitude à recevoir la notion de l'intensité plus ou moins grande de la lumière, ou encore comme une faculté obtuse de percevoir les impressions lumineuses, analogue à celle que nos téguments possèdent par rapport aux ébranlements produits par la radiation calorifique.

Pour arriver à des notions plus ou moins parfaites sur la forme des objets, d'après la lumière qu'ils irradient, plusieurs dispositions physiques peuvent être mises en usage : nous en mentionnerons quelques unes.

Que l'on dispose, en avant d'une membrane nerveuse analogue aux précédentes, un diaphragme percé d'un petit orifice et situé à une certaine distance de sa surface, et une image, faible en intensité, mais suffisante pour donner une notion générale de la forme des corps, pourra résulter de cette simple interposition. C'est ce qu'il est aisé de comprendre par l'examen de la fig. 16 : AB est un objet visible, MM' une membrane sensible, EE' le diaphragme dont l'orifice est en O ; *ab* est l'image formée.

Nous nous bornons à signaler ce procédé, sans nous y arrêter ; car sa réalisation, à l'état d'isolement, ne se rencontre jamais dans la disposition des appareils optiques que l'on observe chez les animaux.



La production d'images imparfaites, mais remarquables par leur mode de génération, peut être obtenue au moyen d'organes dont la description anatomique, assez compliquée, a été faite par J. Müller (1) avec beaucoup de soin.

Ces organes se réduisent à une membrane sentante, sorte d'épanouissement du nerf optique, disposée sur une surface plus ou moins convexe. Cette membrane est

(1) *Zur Physiologie des Gesichtssinnes*, etc., 1826, Leipzig. — Et *Meckel's Archiv.*, 1829.

elle-même tapissée, dans toute son étendue, par une série de petits prismes translucides à leur partie centrale, et isolés les uns des autres par une substance absorbante.

Supposons ces prismes disposés de manière à ce que leur axe soit dirigé suivant le prolongement d'un des rayons de la surface courbe : avec un tel arrangement, tout point lumineux, placé en avant de l'appareil, enverra bien des rayons qui tomberont sur toute la surface externe des tubes ; mais ceux qui rencontreront ces prismes, avec une certaine obliquité, arrivant sur les parois, avant de pénétrer jusqu'à la membrane sensible, seront absorbés par le pigment et n'auront aucune influence. Il n'y aura que le pinceau très étroit, tombant suivant l'axe de l'un des prismes, qui, ne trouvant pas d'obstacle à son mouvement rectiligne, arrivera à l'extrémité nerveuse, et produira un ébranlement correspondant au point lumineux extérieur.

Le même raisonnement fait comprendre comment chacun des points d'un objet donne la sensation d'un point unique, et comment on arrive de la sorte à la production d'une image. Les rapports de distance, d'intensité, de coloration de l'objet peuvent donc ainsi être appréciés, dans certaines limites, par l'être doué d'un appareil construit d'après ces principes. Mais il est manifeste que la quantité de lumière, éliminée par la portion absorbante de l'organe visuel, étant très grande, l'image obtenue, tout en ayant une certaine netteté, ne devra offrir qu'une intensité assez faible. On peut prendre une idée de l'image qui se produit, au moyen de tels appareils, en la comparant, soit à une mosaïque d'une grande finesse, soit à un dessin coloré obtenu par des points très rapprochés.

Le moyen employé par la nature, pour donner à la vision le plus haut degré de perfection, consiste dans la production sur la membrane sensible d'images très pures, obtenues à l'aide d'un système d'appareils réfringents analogues aux lentilles dont nous avons donné la théorie.

L'exposition de la génération des images, dans l'œil humain, nous fournira l'occasion de traiter cette condition physique de la vision avec tous les développements convenables. Pour l'instant, bornons-nous à faire observer que si la vision, au moyen d'appareils réfringents lenticulaires, appartient aussi à une foule d'êtres placés aux degrés inférieurs de l'échelle (*mollusques*, *crustacés*, *arachnides*, etc.), la disposition imparfaite de diverses parties de leur organe visuel ne permet guère de croire que, pour la netteté et l'étendue, leur vue soit comparable à celle des animaux supérieurs.

THÉORIE DE L'ŒIL.

DE LA FORMATION DES IMAGES DANS L'ŒIL.

Plusieurs expériences démontrent que les objets extérieurs éclairés, placés en avant de l'œil, donnent au fond de cet organe des images faciles à observer.

Kepler (1) paraît être le premier qui ait indiqué le moyen de constater les images qui se peignent dans l'œil : ce moyen consiste à prendre celui d'un animal récemment tué, à en détacher avec soin tous les débris de tissus adhérents, puis amincir la face postérieure de la sclérotique dans une étendue à peu près équiv

(1) *Astronomia : pars optica*, 1604.

lente à celle de la cornée, dans un point diamétralement opposé à cette dernière. Si la ténuité de la membrane est suffisante, l'œil étant placé de façon que son axe antéro-postérieur soit horizontal, un observateur pourra voir sur la sclérotique l'image de la flamme d'une bougie placée en avant, ou celle de tout autre objet fortement éclairé. On peut encore, laissant la face postérieure de la sclérotique intacte, détacher une petite portion de cette membrane dans la partie supérieure du globe oculaire et mettre le corps vitré à nu : en regardant de haut en bas, on distingue, à travers les milieux réfringents, l'image des corps situés en avant de l'œil.

Le procédé le plus simple a été indiqué par Magendie (1) : il consiste à observer la face postérieure de l'œil des animaux albinos, après avoir, comme précédemment, séparé tous les tissus adhérents à la sclérotique. Haldat s'est servi d'un procédé également simple que nous aurons ultérieurement occasion de faire connaître.

J.-P. Verduc le fils (2), Lecat (3) et les physiologistes de leur temps se servaient, pour démontrer la formation des images dans l'œil, d'un appareil sphérique dans lequel la cornée et le cristallin étaient représentés par des verres convenablement taillés; l'humeur vitrée et l'humeur aqueuse étaient remplacées par de l'eau. Ce moyen grossier de démonstration est tombé dans l'oubli.

L'image observée au fond de l'œil, si l'on met en usage un procédé convenable, est digne d'attention sous plusieurs rapports. Les objets extérieurs y sont reproduits avec des dimensions fort réduites, mais avec une grande pureté; la coloration, les nuances d'intensité, y sont conservées de manière à ce que les tableaux en miniature qu'on obtient soient d'une merveilleuse perfection. L'image est renversée, c'est-à-dire que les parties inférieures de l'objet réel sont supérieures, et réciproquement; les parties droites sont reproduites à gauche et les gauches à droite : de telle sorte que si l'on fait mouvoir un corps au-devant de l'œil, les mouvements, dans l'image, paraissent toujours inverses de ceux de l'objet.

Si, comme Magendie l'a fait, on cherche par l'expérience la relation qui existe entre la grandeur de l'image et la distance de l'objet, on s'assure que la dimension décroît proportionnellement à la distance.

Après avoir constaté l'existence des images sur la rétine, il est nécessaire de donner la théorie de l'action des parties du globe oculaire qui concourent à leur formation.

Je ne puis entrer ici dans la description anatomique de l'œil, que je suppose être connue du lecteur. Aussi me bornerai-je à indiquer tout d'abord quelques faits et quelques mesures qui ont de l'importance au point de vue de la physiologie et de la physique.

Les courbures des milieux réfringents de l'œil ont été déterminées avec beaucoup de soin par quelques observateurs. Ces mesures, pour être faites avec exactitude, présentent des difficultés très grandes, à cause de la promptitude avec laquelle s'opère la déformation de l'appareil oculaire extrait de l'orbite.

Les nombres trouvés par Chossat (4), et ceux donnés plus récemment par

(1) *Précis élémentaire de physiologie*, t. I, p. 78. Paris, 1836.
(2) *Traité de l'usage des parties*. Paris, 1696.
(3) *Œuvres physiologiques*, t. II. — *Traité des sensations*.
(4) *Annales de chimie et de physique*, t. VIII, p. 217.

Krause (1), paraissent satisfaisants : ils ont servi de base aux calculs délicats de plusieurs savants distingués.

Avant de signaler les courbures des différentes faces de la cornée et du cristallin, nous allons faire connaître les dimensions des diverses parties du globe oculaire telles que Krause les a indiquées, d'après des mesures prises sur deux yeux humains considérés comme types.

Dimensions principales des diverses parties de l'œil, d'après KRAUSE.

INDICATIONS DIVERSES.	OEIL N° 1. Millimètres.	OEIL N° 2. Millimètres.
1° *Dimensions du globe oculaire.*		
Diamètre dirigé dans le sens de l'axe optique. .	23.6111	25.2314
Diamètre horizontal perpendiculaire à l'axe optique.	25.0000	26.0416
Diamètre vertical.	23.3796	25.0000
2° *Épaisseurs dans la direct. de l'axe optique.*		
Cornée transparente	1.1574	0.9259
Humeur aqueuse.	2.5463	2.7778
Cristallin	7.1759	4.6296
Corps vitré.	11.1111	15.3935
Rétine et choroïde	0.2315	0.2315
Sclérotique	1.3889	1.2731
Totaux.	23.6111	25.2314
3° *Épaisseurs des diverses parties du cristallin* (2).		
Couche molle antérieure.	2.0833	2.0833
Couche moyenne antérieure	1.2732	»
Noyau	2.0833	2.0833
Couche moyenne postérieure.	1.0417	»
Couche molle postérieure.	0.6944	0.4630
Totaux.	7.1759	4.6296
4° *Dimensions diverses.*		
Diamètre du cristallin	9.2593	9.4907
Diamètre du trou du nerf optique dans la choroïde.	0.2083	»
Hauteur de l'éminence du nerf optique sur la rétine	0.6944	0.4630
Distance comprise entre le point central de cette éminence et l'extrémité de l'axe optique sur la choroïde	3.4722	3.7037
Distance de la partie antérieure de la cornée à l'iris.	3.4722	3.2407
Diamètre de la pupille	4.8611	4.1667

(1) MECKEL, *Archiv. für Anatomie und Physiologie*, 1832.

(2) On n'a pas trouvé dans l'œil n° 2 la couche de moyenne consistance que présentait l'œil n° 1

Des courbures des milieux réfringents de l'œil. — Chossat (1) a indiqué un moyen simple pour déterminer les courbures de la cornée et du cristallin : ce moyen consiste à chercher plusieurs points de ces courbes à l'aide de leurs coordonnées et à essayer, par le tâtonnement, quelle est la section conique qui passe le plus exactement par ces points.

La courbe de chaque surface réfringente étant nécessairement l'intersection de cette surface et d'un plan qui passe par l'axe optique, cet axe doit être pris pour l'un des axes ox, oy des abscisses ou des ordonnées ; le point A correspondant de la courbe est un des sommets de la section conique que l'on veut trouver.

Je n'entrerai dans aucun autre détail sur les procédés purement physiques ou mathématiques qui conduisent aux résultats cherchés, me bornant à faire connaître les valeurs obtenues par Krause (2) sur deux yeux humains aussi bien conservés que possible : x représente les abscisses, et y les ordonnées des courbes ; elles sont exprimées en millimètres :

INDICATIONS DES SURFACES.	OEIL N° 1.			OEIL N° 2.		
	x millim.	y millim.	y' millim.	x millim.	y millim.	y' millim.
Surfaces antérieure et postérieure de la cornée.	0.0000	3.4722	2.3148	0.0000	3.5648	0.1389
	1.1574	3.3565	2.1991	1.7361	»	2.2454
	2.3148	3.1250	1.8519	2.3148	»	2.0833
	3.4722	2.7778	1.3889	2.8935	»	1.8519
	4.6296	2.3148	0.6944	3.4722	2.9167	1.6204
	Nota. Les valeurs de y et y' qui manquent pour l'œil n° 2 n'ont pu être observées.			4.0509	2.7083	1.2732
				4.6296	2.4074	0.9722
				5.2083	2.1759	»
Surfaces antérieure et postérieure du cristallin.	0.0000	3.0093	4.1667	0.0000	1.9676	2.6620
	1.1574	2.8704	3.9352	1.1574	1.8981	2.5463
	2.3148	2.5463	3.4722	1.7361	1.8287	2.3843
	3.4722	1.7361	2.5463	2.3148	1.6898	2.1528
	»	»	»	2.8935	1.5046	1.8519
	»	»	»	3.4722	1.2732	1.5046
	»	»	n	4.0509	0.8796	1.0880
Surfaces antérieure et postérieure du cristallin dépouillé de la couche molle.	*Nota.* La couche moyenne manquait dans l'œil n° 2.				OEIL N° 1. millim.	OEIL N° 2. millim.
	Diamètre de la couronne.				7.4074	»
	Epaisseur de la demi-lentille antérieure.				2.0833	»
	Epaiss. de la demi-lentille postérieure.				2.3148	»
Surfaces antérieure et postérieure du noyau.	Diamètre de la couronne.				4.6296	6.0185
	Epaisseur de la demi-lentille supérieure.				0.9259	0.8565
	Epaiss. de la demi-lentille postérieure.				1.1574	1.2269

(1) *Annales de chimie et de physique*, année 1819, t. X, p. 337.

(2) *Rec. cit.*

Krause et Vallée (1) ont trouvé que les valeurs inscrites dans ce tableau s'accordent avec les nombres qui conviennent à des courbes elliptiques, le demi-grand axe a correspondant au diamètre des couronnes lenticulaires, le demi-petit axe b étant placé dans la direction de l'axe optique. Voici le tableau qui indique leurs valeurs, tel qu'il a été calculé par Vallée (2) :

DÉSIGNATION DES SURFACES RÉFRINGENTES.	RAYONS r des courbes circulaires.	PARAMÈTRES p des courbes paraboliques.	DEMI-AXES des courbes elliptiq.		Rayons de courbure au sommet, c'est-à-dire à l'extrémité de a.	
			b dirigé suivant l'axe optique.	a dirigé perpend. à l'axe optique.	OEIL No 1.	OEIL No 2.
	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.
Antérieure de la cornée. . . .	8.6806	»	»	»	+8.6806	»
	10.0750	»	»	»	»	+10.0750
Antérieure de l'hum. aqueuse.	»	13.0481	»	»	+6.5231	»
	»	14.2229	»	»	»	+ 7.111
Antérieure du cristallin. . . .	5.4838	»	»	»	+5.4838	»
	»	»	2.1991	4.7454	»	+10,2401
Antérieure de la couche moy.	»	»	2.0833	3.7037	+6.5833	»
	»	»	»	»	»	»
Antérieure du noyau.	»	»	0.9259	2.3148	+5.7870	»
	»	»	0,8565	3.0092	»	+10.573
Postérieure du noyau.	»	»	1.1574	2.3148	−4.6296	»
	»	»	1.2269	3.0092	»	− 7.381
Postérieure de la couche moy.	»	»	2.3148	3.7037	−5.9259	»
	»	»	»	»	»	»
Postérieure du cristallin . . .	»	7.4262	»	»	−3.7130	»
	»	10.3982	»	»	»	− 5.199

Indices de réfraction des milieux réfringents de l'œil.

Lorsque l'on veut construire géométriquement, avec toute la précision désirable, la marche d'un rayon de lumière à travers les milieux réfringents de l'œil, il est indispensable de connaître leurs indices de réfraction.

Cette détermination difficile, qui peut-être aurait besoin d'être reprise sur un grand nombre d'yeux, a été obtenue par Brewster (3) et Chossat (4).

Nous donnons, dans le tableau suivant, les valeurs des indices pour le rayon blanc, ou de réfrangibilité moyenne, passant du vide dans chacun de ces milieux

(1) VALLÉE, *Théorie de l'œil*, p. 20. Paris, 1843.
(2) *Ouv. cit.*
(3) VALLÉE, *ouv. cit.*
(4) *Loc. cit.*

NOMS DES SUBSTANCES.	INDICES D'APRÈS	
	Brewster.	Chossat.
Air	1.000	1.000
Cornée	»	1.330
Humeur aqueuse	1.337	1.338
Capsule cristalline	»	1.350
Couche extérieure du cristallin	1.377	1.338
Couche moyenne	1.379	1.395
Noyau	1.399	1.420
Corps vitré	1.339	1.339
Cristallin entier	1.384	»

Vallée (1) a calculé la valeur de l'indice de réfraction des divers milieux transparents de l'œil les uns par rapport aux autres, en se fondant sur les principes de l'optique. En effet, on sait que, si l et l' sont les indices de deux milieux, le rayon de lumière passant du vide dans chacun d'eux, on obtient l'indice N des deux substances entre elles, en divisant l' par l.

Les nombres qui expriment le rapport $N = \frac{l'}{l}$, constant pour deux milieux, ont été calculés par Vallée et réunis dans le tableau suivant :

(1) VALLÉE, *ouv. cit.*

SURFACES RÉFRINGENTES. N^{os} des surfaces. OEIL n° 1.	OEIL n° 2.	DÉSIGNATION des surfaces.	SUBSTANCES TRAVERSÉES dans chaque réfraction. 1re substance.	2e substance.	VALEUR DE $N = \frac{l'}{l}$. OEIL N° 1.	OEIL N° 2.
		1er CAS, où l'on considère les couches du cristallin.				
1	1	Antérieure de la cornée.	Air.	Cornée . . .	$\frac{1.330}{1.000}=1.330$	$\frac{1.330}{1.000}=1.330$
2	2	Antér. de l'humeur aqueuse.	Cornée. . .	Humeur aqueuse . .	$\frac{1.338}{1.330}=1.006$	$\frac{1.338}{1.330}=1.006$
3	3	Antér. du cristallin.	Humeur aqueuse. .	Couche extérieure. . .	$\frac{1.338}{1.338}=1.000$	$\frac{1.338}{1.338}=1.000$
4	»	Antér. de la couche moyenne.	Couche extérieure. . .	Couche moy.	$\frac{1.395}{1.338}=1.043$	»
5	4	Antérieure du noyau.	Couche moy.	Noyau. . . .	$\frac{1.420}{1.395}=1.018$	$\frac{1.420}{1.338}=1.061$
6	5	Postérieure du noyau.	Noyau. . . .	Couche moy.	$\frac{1.395}{1.420}=0.982$	$\frac{1.338}{1.420}=0.942$
7	»	Postér. de la couche moyenne.	Couche moy.	Couche extérieure. . .	$\frac{1.338}{1.395}=0.959$	»
8	6	Postér. du cristallin	Couche extérieure. . .	Corps vitré .	$\frac{1.339}{1.338}=1.001$	$\frac{1.339}{1.338}=1.001$
		2e CAS, où l'on suppose le cristallin entier.				
1	1	Antérieure de la cornée.	Air.	Cornée . . .	$\frac{1.330}{1.000}=1.330$	$\frac{1.330}{1.000}=1.330$
2	2	Antér. de l'humeur aqueuse.	Cornée . . .	Humeur aqueuse . .	$\frac{1.338}{1.330}=1.006$	$\frac{1.338}{1.330}=1.006$
3	3	Antér. du cristallin.	Humeur aqueuse. .	Corps vitré .	$\frac{1.384}{1.338}=1.034$	$\frac{1.384}{1.338}=1.034$
4	4	Postér. du cristallin.	Cristallin . .	Cristallin . .	$\frac{1.339}{1.384}=8.967$	$\frac{1.339}{1.384}=0.967$
		3e CAS, où l'on considère la capsule et les couches du cristallin.				
1	1	Antérieure de la cornée.	Air.	Cornée . . .	$\frac{1.330}{1.000}=1.330$	$\frac{1.330}{1.000}=1.330$
2	2	Antér. de l'humeur aqueuse.	Cornée . . .	Humeur aqueuse . .	$\frac{1.338}{1.330}=1.006$	$\frac{1.338}{1.330}=1.0052$[illegible]
3	3	Antér. de la capsule.	Humeur aqueuse . .	Capsule. . .	$\frac{1.350}{1.338}=1.009$	$\frac{1.350}{1.337}=1.0097$[illegible]
4	4	Antér. du cristallin.	Capsule. . .	Couche antérieure. .	$\frac{1.338}{1.350}=0.991$	$\frac{1.377}{1.350}=1.0200$[illegible]
5	»	Antér. de la couche moyenne.	Couche antérieure. . .	Couche moy.	$\frac{1.395}{1.338}=1.043$	»
6	5	Antérieure du noyau.	Couche moy.	Noyau. . . .	$\frac{1.420}{1.395}=1.018$	$\frac{1.399}{1.377}=1.0159$[illegible]
7	6	Postérieure du noyau.	Noyau. . . .	Couche moy.	$\frac{1.395}{1.420}=0.982$	$\frac{1.377}{1.399}=0.9842$
8	»	Postér. de la couche moyenne.	Couche moy.	Couche postérieure. .	$\frac{1.338}{1.395}=0.959$	»
9	7	Postérieure de la capsule. . . .	Couche postérieure. .	Capsule. . .	$\frac{1.350}{1.338}=1.009$	$\frac{1.350}{1.377}=0.9803$
10	8	Postér. du cristallin	Capsule. . .	Corps vitré .	$\frac{1.339}{1.350}=0.992$	$\frac{1.339}{1.350}=0.9918$

Si nous raisonnons sur les milieux réfringents de l'œil, comme on est en droit de le faire sur des appareils lenticulaires dont la théorie physique est connue, on peut se rendre compte de la formation de l'image d'un objet situé à une distance plus grande que la limite de la vision distincte.

Soit (fig. 17) une ligne PH placée dans cette condition : un point P de cette



ligne, situé au-dessus de l'axe optique de l'œil, envoie des rayons dans toutes les directions; tous ceux qui tombent sur la cornée forment un cône divergent dont le sommet est en P et la base sur la cornée. La lumière, passant de l'air dans le tissu cornéen, est puissamment réfractée à cause de la différence de densité des deux milieux. Une portion des rayons arrive, en traversant l'humeur aqueuse, à la face antérieure de l'iris; ils sont en partie absorbés par le pigment de cette membrane, en partie réfléchis par elle et font connaître la coloration variable du diaphragme irien.

Les rayons, qui ont reçu un degré suffisant de convergence, pénètrent dans la pupille et seuls contribuent à la formation de l'image qui se peint au fond de l'œil; arrivés à la face antérieure du cristallin, leur convergence augmente, car l'indice de réfraction de ce milieu est plus grand que celui de l'humeur aqueuse. La densité du cristallin, croissant de la périphérie au centre, la marche d'un rayon ne peut être rectiligne, dans son intérieur, mais elle suit une ligne brisée ou courbe.

Les rayons lumineux, en passant du cristallin dans l'humeur vitrée, que l'on considère généralement comme homogène, au point de vue optique, se réfractent encore et acquièrent une convergence sensiblement plus grande. Le faisceau conique, émané du point P, d'abord divergent, puis de plus en plus aminci, acquiert son maximum de ténuité au sommet d'une surface aiguë que l'on compare à un cône, en un point *p* placé au-dessous de l'axe optique. Le point *p* est le foyer de P; s'il se trouve sur la rétine, ce dernier point sera perçu avec une grande netteté. Il est facile de comprendre, d'après la marche que nous attribuons à un rayon de lumière, que, si le sommet du cône réfracté se trouve en deçà ou au delà de la rétine, au lieu d'un élément de la rétine ébranlé, nous aurons une impression produite sur une surface d'une étendue variable, un cercle de diffusion; et la sensation sera vague. Ce sujet sera traité plus tard.

Si l'on fait, pour chacun des points de la ligne PH, le raisonnement que nous avons fait pour le point P, il est clair que l'on arrivera par une construction analogue à une image *ph*.

Cette image sera la reproduction réduite du corps situé en avant de l'œil. De plus, elle sera renversée, comme on le démontre à l'aide de procédés expérimentaux déjà mentionnés.

La condition suffisante pour que l'image d'un corps lumineux soit reproduit avec netteté au fond de l'œil, c'est que le sommet des cônes réfractés, correspon dants à chacun des points, se trouve précisément sur la rétine, c'est-à-dire sur la membrane qui joue dans l'œil le rôle d'un écran sensible.

Centre optique.

La théorie de la marche des rayons lumineux dans l'œil serait très incomplète si nous ne faisions intervenir quelques notions sur la direction des pinceaux lumi neux réfractés, c'est-à-dire sur les axes des rayons émanés de chacun des point d'un objet dont l'image se forme sur la rétine.

En raisonnant sur l'appareil oculaire, comme on le ferait pour un système d lentilles, on doit appliquer à sa théorie optique des raisonnements analogues ceux qui ont guidé les physiciens dans l'explication des images obtenues au moye de ces instruments.

Nous admettons qu'une ligne droite indéfinie, tombant perpendiculairement su le centre de figure de la cornée, pénétrera normalement tous les milieux réfrin gents de l'œil, et qu'elle pourra être considérée comme représentant la direction d l'axe principal du système. Tout point radieux, situé en avant de l'œil et sur cet ax à une distance comprise dans les limites de la vision, enverra un cône lumine divergent qui, après les réfractions successives qu'il aura éprouvées, engendrei un second cône convergent dont le sommet sera sur l'axe principal. On voit q la direction d'un pinceau de lumière émané d'un point situé sur l'axe principal, dont le foyer est sur la rétine, peut être définie par la direction de cet axe.

Pour donner une idée approximative de ce qui se passe pour les points radie situés hors de l'axe, il est indispensable de ne pas oublier que, dans tout systèn lenticulaire, quelque compliqué qu'il soit, il existe un point dont la situation s l'axe principal peut être déterminée; point tel que le rayon qui le traverse ne sul pas de déviation. Ce point est ce qu'on nomme le *centre optique* du système.

Toute ligne droite indéfinie, passant par ce point et par le foyer de radiatio peut être considérée comme la direction d'un *axe secondaire* sur lequel se trou le foyer conjugué.

On démontre que la position du centre optique d'un système invariable est tout fait indépendante de la direction commune des rayons incident et émergent. Il exi donc, dans l'œil, un point (ou une surface d'une étendue assez petite pour êt généralement négligeable) tel que tout rayon, émané d'un centre de radiation ext rieur, qui le traverse, conserve sensiblement la direction rectiligne, et détermine lieu de la rétine où le foyer devra se trouver placé.

Nous savons qu'en réduisant la question à des termes aussi simples, on négli bien des éléments qui viennent compliquer ce problème; mais il ne faut pas o blier que, pour exposer la théorie même des lentilles, les physiciens ne craign pas d'omettre une foule de conditions d'une importance secondaire. Certes, en faisant entrer dans une démonstration générale, on pourrait satisfaire l'esp rigoureux de l'analyste, mais on n'arriverait qu'à obscurcir l'enseignement au li de le rendre profitable. D'ailleurs, remarquons encore que, si l'on soumet au cal les principaux éléments de la question, les déductions les plus absolues en ap rence ne sont encore que des approximations; car, suivant nous, l'appréciation conditions engendrées par un milieu organisé ne peut être soumise à une anal rigoureuse.

La détermination du rayon que l'on doit considérer comme l'axe du faisceau émané d'un point de radiation, et, par conséquent, celle du centre optique, ont été obtenues avec une approximation suffisante.

On a admis, pendant longtemps, que les rayons passant par le centre de la pupille pouvaient être considérés comme se confondant avec les axes secondaires de chacun des points d'un objet extérieur. Cette hypothèse amenait à conclure que le lieu de croisement de ces rayons, que le centre optique de l'appareil oculaire se trouvait à une petite distance du centre du cristallin. Mais cette opinion a été réfutée par les travaux de Volkmann (1): ce physiologiste a fait voir que le lieu d'intersection des rayons qui n'éprouvent pas de déviation appréciable est situé dans le corps vitré à une petite distance de la face postérieure du cristallin.

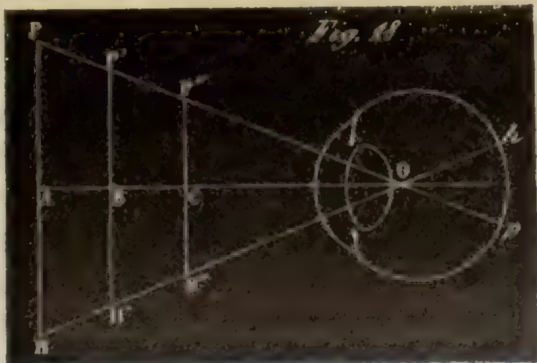
Ajoutons que Vallée (2) a repris cette question. Par des expériences ingénieuses, il a prouvé que, pour tous les points d'un objet extérieur, il existe un rayon qui détermine la direction du pinceau réfracté. L'intersection de tous ces rayons s'opère non pas en un point mathématique, comme on doit le penser, mais détermine une surface d'une étendue fort petite. Si l'on suppose, vu les faibles dimensions de cette surface, qu'elle soit réduite à un point, on trouve que le centre optique est situé, par rapport au fond de l'œil, un peu au delà du centre du globe oculaire.

Il est important, pour compléter ces notions sur la théorie des images qui se forment au fond de l'œil, de remarquer que sa surface n'est pas plane, mais qu'elle a une courbure très manifeste. Si donc on imagine la distance d'un objet visible invariable, la portion de rétine qui se trouve dans la direction de l'axe principal pourra être au foyer, et cependant les parties qui sont situées à quelque distance de ce point ne s'y trouveront pas. La vision ne s'opérant avec netteté que pour les images qui viennent se peindre dans la direction de l'axe principal, ou dans la très petite portion de la rétine qui l'avoisine, les mouvements variés de l'appareil oculaire tendent toujours à amener son orientation pour que cette condition soit remplie.

L'importance de cette direction lui a fait donner un nom spécial, et l'on dit qu'un objet n'est vu nettement que quand il se trouve dans le prolongement de l'axe visuel.

Angle visuel.

Si l'œil était réduit à un point, la détermination de l'angle visuel ne présenterait aucune difficulté; car les lignes droites, menées des extrémités d'un objet à ce point, formeraient un angle qui permettrait d'estimer la grandeur de cet objet. Cette abstraction ne pouvant être appliquée à l'œil, il faut chercher la définition de l'angle visuel dans les relations que présentent entre eux les axes des rayons émanés des différents points d'un corps lumineux.



Imaginons un objet PH placé au-devant de l'œil (fig. 18) : si, des extrémi-

(1) *Neue Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes.* 1836.
(2) *Théorie de l'œil.* Paris, 1843.

tés P et H, nous menons deux droites assujetties à passer par le point *o*, centre optique de l'appareil oculaire, celles-ci représenteront les axes des deux faisceaux lumineux partis des extrémités. Ces droites rencontreront la rétine en *p* et *h* et formeront un angle dont le sommet sera au centre optique, et dont la base sera la grandeur de l'image sur la membrane sensible. La grandeur apparente d'un objet sera donc exprimée par l'angle visuel tel qu'il vient d'être défini. Mais l'estimation de la grandeur linéaire d'un objet doit dépendre d'une autre notion qu'il importe d'énoncer maintenant.

Il est évident, en effet, d'après la manière dont procède l'œil, que si le nombre des éléments de la rétine affectés nous fait seul juger de la grandeur, nous estimerons les objets PH, P′H′, P″H″ situés en A, B, C, de mêmes dimensions, puisqu'ils sous-tendront, sur la rétine, le même angle *poh*.

Il y a donc une notion très importante, de laquelle il faut tenir compte, dans l'appréciation de la grandeur des corps : c'est la distance à laquelle se trouvent placés les objets visibles.

A moins d'une mesure directe de cette distance, nous ne l'apprécions jamais qu'à l'aide de notions vagues, fruits de nos réminiscences et de l'habitude. Une telle estimation nous donne généralement des approximations suffisantes à nos besoins. Mais, dans la pratique, nous faisons usage, sans nous en apercevoir, d'une foule de notions diverses et dépendantes de plusieurs ordres de phénomènes qui nous servent à baser notre jugement sur les dimensions relatives d'objets situés à des distances variées.

Le moyen employé le plus souvent consiste dans la comparaison de l'objet qui fixe notre attention avec d'autres objets situés dans son voisinage, et dont la grandeur nous est parfaitement connue. Une barque qui, vue à une grande distance en mer, se peindra comme un point sur notre rétine, nous apparaîtra avec ses véritables dimensions, si nous voyons les hommes qui la gouvernent. Ainsi se trouve rectifié notre jugement basé sur une appréciation matérielle invariable.

L'absence de ces termes de comparaison est souvent, pour nous, l'origine d'illusions, dont il paraît d'abord difficile de se rendre compte, soit dans l'appréciation de l'angle que sous-tend un objet, soit dans celle de l'angle qui nous sert à estimer la distance de deux corps. Tout le monde a observé que la lune et le soleil paraissent avoir, quand ils sont à l'horizon, un diamètre beaucoup plus considérable que lorsqu'ils sont placés à une certaine hauteur au-dessus de cette ligne. Cependant, si l'on mesure avec précision, au moyen d'instruments astronomiques, l'angle qu'ils sous-tendent, on trouve que sa valeur est la même dans ces différentes positions. De cette observation, on peut conclure que nous nous faisons de la grandeur apparente de ces astres une opinion tout à fait variable, suivant que par leur position ils se peignent sur notre rétine dans le voisinage d'objets terrestres dont les dimensions nous sont connues, ou suivant que, placés à une certaine élévation dans le ciel, ils nous apparaissent dépourvus de ces termes de comparaison qui faisaient la base de notre premier jugement.

La même interprétation s'applique aux apparences diverses que présentent deux étoiles, quand nous les voyons à l'horizon, puis au zénith. Nous jugeons leur distance relative beaucoup plus grande dans le premier cas que dans le second.

Dans le jugement qu'on porte sur la distance des objets terrestres, et, par conséquent, sur leur grandeur, il est encore un élément de nos appréciations qu'il ne faut pas négliger de mentionner ici : c'est l'éclairement de l'objet visible, la netteté

plus ou moins grande des détails que l'on aperçoit. Ces diverses qualités se trouvant influencées d'une manière très active par l'état de l'atmosphère, il en résulte, pour l'observateur attaché à un climat, un ensemble de notions dont il se sert presque instinctivement dans ses estimations. Il suit de là que, transporté dans des conditions différentes, cet observateur fera des appréciations souvent entachées d'erreurs. Tous les voyageurs savent que, dans les hautes montagnes, où l'air est généralement très pur, les objets paraissent toujours beaucoup plus rapprochés qu'ils ne le sont en réalité : l'effet inverse a lieu dans les plaines dont l'atmosphère est brumeuse.

Il nous reste à mentionner un phénomène remarquable dont la théorie ne donne aucune explication satisfaisante. Ce phénomène, presque inconnu des physiologistes, est d'une observation vulgaire pour les ingénieurs et tous ceux qui s'occupent de travaux géodésiques; la connaissance en est due à Bravais (1). Voici en quoi il consiste : si un observateur, placé en mer à une certaine distance d'une côte offrant de grandes irrégularités de terrain, la dessine à l'œil avec l'apparence qu'elle présente, il reconnaît, au moyen d'une évaluation mathématique comparative, que, dans le tracé ainsi obtenu, les grandeurs linéaires horizontales sont évaluées entre elles d'après des rapports convenables, tandis que les distances angulaires verticales sont estimées sur une échelle double. Cette illusion, à laquelle on se trouve invinciblement entraîné dans ce genre d'appréciations, n'est pas individuelle, comme on pourrait le croire : des observations nombreuses montrent sa généralité.

Un phénomène du même ordre se présente quand on observe l'arc-en-ciel produit par les gouttelettes d'eau d'une cascade ou d'un jet d'eau, et que, le soleil étant à l'horizon, le cercle est presque complet; l'observateur a constamment la sensation, non pas d'une circonférence, mais d'une ellipse dont le grand axe est vertical. On constate facilement un fait du même genre dans la forme que l'on assigne aux *halos :* ces zones lumineuses, qui entourent quelquefois le soleil ou la lune, sont néanmoins, d'après les mesures mathématiques, exactement circulaires.

Je ne fais que signaler ces phénomènes singuliers desquels il semble impossible, dans l'état actuel de la science, de donner une explication satisfaisante.

Influence de la grandeur des derniers éléments de la rétine sur la vision nette.

Il est une condition de netteté des impressions visuelles qu'on doit ne pas omettre de faire remarquer : elle tient essentiellement à la disposition et à la grandeur des éléments de la rétine, et offre, par conséquent, un intérêt incontestable au physiologiste.

D'après ce qui a été dit plus haut, il semble que deux points lumineux, quelque rapprochés qu'on les suppose, doivent être perçus distinctement si les foyers des rayons émanés de chacun d'eux se trouvent sur la membrane sentante. Il n'en est pas réellement ainsi, et il suffit, pour le démontrer, de rappeler quelques observations des plus vulgaires. Chacun a remarqué que, dans les estampes placées à une certaine distance des yeux, on perd complétement le sentiment du travail de l'artiste : les lignes tracées par le burin, le pointillé obtenu par la roulette, ne nous apparaissent plus, sur un fond blanc, que comme des teintes grises d'un ton

(1) *Cours de physique de l'École polytechnique.*

plus ou moins foncé ; on ne sent plus alors les portions noires ou blanches comme impressions distinctes, et l'on n'a plus qu'une sensation mixte résultant d'un ensemble en apparence uniforme.

On pourra aisément se rendre compte de ce phénomène, si l'on réfléchit que chacun des éléments terminaux de la rétine a une étendue très petite, il est vrai, mais finie. Or, chaque particule de la membrane sentante ne peut transmettre à l'encéphale qu'une seule impression à la fois : si l'agent excitateur d'un élément est unique, la sensation perçue sera simple et spéciale à l'agent qui la produit ; c'est ainsi qu'un objet lumineux rouge, dont l'image tomberait sur un élément terminal de la rétine et le couvrirait entièrement, ferait naître une sensation unique, celle du rouge. Mais supposons ce même objet partagé en deux moitiés, l'une rouge, l'autre bleue : si son image est amenée par réfraction sur la même particule de la membrane sentante, celle-ci ne pourra transmettre au *sensorium* qu'une impression unique ; mais ce ne sera ni celle du rouge ni celle du bleu, mais bien la sensation mixte du violet.

De ces faits il résulte que toutes les fois que deux objets lumineux de petite dimension seront assez rapprochés l'un de l'autre pour que l'angle, que leurs images sous-tendent sur la rétine, soit plus petit que l'un de ses éléments, ils ne seront pas vus distincts, mais produiront une impression mixte qui sera la résultante des deux ébranlements engendrés par leur réunion. Dès lors, on peut s'expliquer comment, dans l'exemple cité en premier lieu, des lignes noires très fines et très rapprochées, sur un fond blanc, ne font pas naître la sensation du noir ou du blanc, mais celle du gris.

Il est facile de comprendre comment on a pu déduire la grandeur des derniers éléments de la rétine de la connaissance exacte de l'angle le plus petit sous lequel deux points peuvent être vus distinctement, la distance de ces deux points à l'œil étant déterminée avec précision. Les résultats obtenus par divers observateurs sur ce sujet concordent assez bien avec les mesures directes données par d'autres. Il paraît certain, d'après les recherches de quelques physiologistes, qu'il y a pourtant des différences individuelles assez notables sur ce point ; et tout porte à croire que, chez les divers animaux, les disproportions doivent être encore plus marquées.

Faisons observer, pour étendre la série d'exemples cités plus haut, que la plupart des teintes mixtes, employées dans les divers modes de colorations artificielles, ne nous semblent uniformes que grâce à la propriété de la membrane sentante dont nous avons parlé.

S'il était nécessaire de compléter l'interprétation du phénomène par l'expérience, nous montrerions que toutes les fois qu'on peut, dans des cas analogues à ceux qui précèdent, augmenter suffisamment l'angle que les deux images, produisant une sensation mixte, forment sur la rétine, l'impression moyenne cesse d'exister, et les deux images projetées sur des éléments différents agissent isolément sur l'encéphale et sont vues distinctement. Ce cas se présente sans cesse dans l'emploi du microscope composé, instrument qui, comme on le sait, agrandit dans des proportions souvent énormes l'angle sous lequel nous voyons les objets, et rend, par cette seule cause, visibles et distincts des détails d'objets parfaitement réguliers qui, sans lui, sont ou complétement invisibles ou seulement confus, par les motifs qui ont été exposés.

Après avoir étudié d'une manière générale la production des images dans l'œil

nous allons déterminer l'influence des diverses portions de l'appareil oculaire qui concourent à leur donner de la perfection.

Iris. — Bien que les surfaces de terminaison du cristallin ne soient pas sphériques, la forme générale de cette lentille permet de supposer que la distance focale de sa partie centrale n'est pas la même que celle de ses bords pour les rayons émanés d'un même point : cette lentille est donc assujettie à une aberration de courbure.

Nous trouvons, pour corriger cette imperfection de l'œil, un procédé analogue à celui dont se servent les opticiens, l'emploi d'un diaphragme opaque (*iris*) percé à son centre d'une ouverture circulaire (*pupille*).

Mais ici encore il faut admirer la supériorité des moyens mis en usage par la nature sur ceux dont on dispose dans les arts. L'iris est un diaphragme, mais un diaphragme intelligent, pour ainsi dire. La quantité de lumière, nécessaire pour qu'un objet soit visible, a un certain maximum au delà duquel l'intensité lumineuse devient plutôt une cause de trouble qu'un moyen de perfection. Un corps est-il fortement éclairé, la pupille se rétrécit, éliminant ainsi tous les rayons inutiles ou nuisibles à la netteté de la vue ; l'objet n'envoie-t-il que peu de lumière, l'orifice pupillaire se dilate de manière à admettre la plus grande partie des rayons réfractés par la cornée.

Les variations de l'orifice pupillaire se lient aussi au degré de convergence plus ou moins grand des rayons lumineux qui arrivent dans l'œil. S'ils sont peu divergents, la pupille se dilate : tel est le phénomène qui s'observe dans la vision des objets éloignés. Mais si un corps se rapproche de l'œil, l'orifice pupillaire se contracte, ce qui coïncide évidemment avec l'augmentation de divergence des rayons émanés de chacun des points de ce corps.

Dans ces deux cas, il y a simultanéité de deux phénomènes intéressants : d'un côté, variation des dimensions de la pupille ; de l'autre, différence de l'orientation de chacun des axes visuels. En effet, quand on regarde un objet situé à une distance assez grande pour qu'il soit permis de la considérer comme infinie, les deux yeux s'orientent de manière que l'image vienne se peindre dans la direction de leurs axes visuels : si l'on imagine deux droites menées suivant leur prolongement, la rencontre de ces dernières ne s'opérant qu'à l'infini, les axes seront parallèles. Mais, dès qu'on suppose les deux yeux fixés sur un même objet dont l'éloignement devient comparable avec leur distance réciproque, le parallélisme des axes cesse d'exister, et ils forment entre eux un angle qui a pour sommet les points visibles, et dont la valeur va croissant à mesure que l'objet se rapproche.

Si maintenant nous imaginons des objets de dimensions relatives telles qu'à des éloignements différents leur image sur la rétine sous-tende le même angle optique ; si, de plus, nous supposons qu'ils soient éclairés de telle sorte qu'à ces distances leurs images aient sensiblement la même intensité lumineuse, nous constaterons que la pupille se dilatera si les yeux se dirigent sur l'objet éloigné, et qu'elle se rétrécira lors de leur ajustement à petite distance.

Bornons-nous à mentionner ici la coïncidence des mouvements iriens avec la direction des axes visuels, et à faire remarquer que ce dernier effet est dû à l'action des muscles oculaires ; plus tard nous chercherons à nous rendre compte de la synergie des parties contractiles de l'œil dans le cas qui nous occupe.

On a cherché à déterminer les valeurs extrêmes de la grandeur de la pupille

dans sa plus grande dilatation et dans sa plus forte contraction. Les nombres qu'on pourrait donner à ce sujet n'ont aucune importance. Faisons seulement observer que, quelle que soit la dilatation de la pupille, jamais dans l'œil normal la surface entière du cristallin ne devient visible; les rayons, dirigés vers les bords de cette lentille et qui pourraient nuire à la vision par leur trop grande convergence, sont donc constamment éliminés.

Après avoir indiqué les circonstances physiques auxquelles se lient les mouvements de l'iris, il reste à étudier le mécanisme et la nature de ces mouvements: cette étude fixera notre attention seulement lorsque nous nous occuperons des appareils moteurs de l'œil.

Cristallin. — Le cristallin est un des milieux réfringents de l'œil. Sa description anatomique ne pouvant trouver place ici, je signalerai seulement quelques dispositions particulières qui paraissent influer sur son rôle dans la vision.

On distingue, dans le cristallin, une enveloppe ou capsule contenant dans son intérieur une substance molle, fibro-lamellaire qui la distend et lui donne sa forme.

La capsule cristalline ne présente rien de remarquable, si ce n'est, dans l'état normal, sa translucidité parfaite.

La substance même du cristallin, longtemps considérée comme un produit de sécrétion, présente une organisation manifeste: on admet, dans cette substance, trois parties distinctes: l'humeur de Morgagni, les lames et le noyau.

L'*humeur de Morgagni* n'est pas un liquide parfaitement homogène; on y trouve des vésicules à noyau, transparentes et incolores, unies entre elles par un liquide. Elle occupe, à la partie périphérique du cristallin, l'espace compris entre la capsule et les lames; la couche qu'elle y forme est plus épaisse en avant que dans les autres points de cette lentille.

Les *lames du cristallin* sont constituées par des plans de fibres aplaties, que l'on compare à des prismes à six pans, et qui présentent, dans le cristallin humain, des cannelures peu apparentes. Ces fibres, dans le cristallin des poissons, portent de véritables dentelures qui s'engrènent les unes dans les autres.

Les fibres cristallines sont disposées très régulièrement et dirigées des bords de la lentille vers ses pôles, sans qu'il y ait croisement. Quant aux lames qui résultent de leur réunion, elles se superposent de manière à former des couches concentriques dont les courbures varient de la périphérie à la partie centrale du cristallin.

La coordination des divers faisceaux fibreux, et leur disposition générale telle qu'elle est indiquée dans les traités d'histologie, rendent aisément compte des effets produits par l'immersion du cristallin dans des liquides qui amènent la coagulation de son tissu, et de la désunion de ces faisceaux dans les points où leur adhérence est la plus faible.

Le *noyau du cristallin* diffère peu des couches qui le recouvrent. Il se fait remarquer par la condensation plus grande de ses éléments.

Ce qu'il y a de plus important à noter dans la structure du cristallin, au point de vue physique, ce sont, d'une part, l'accroissement successif de la densité de ses couches, depuis l'humeur de Morgagni jusqu'au centre du noyau; d'autre part, la variété des courbures qu'elles offrent. Cette dernière notion sur les courbures n'est pas assez précise pour qu'on sache tout le rôle qu'elles jouent dans la vision; mais il est permis de considérer la première disposition comme un moyen remarquable

de corriger l'aberration de courbure. En effet, un point radieux, situé en avant de l'œil dans une position quelconque par rapport à l'axe, enverra des rayons sur la surface du cristallin qui correspond à la projection de la pupille : si la lentille était homogène, le foyer des rayons périphériques serait plus rapproché de la face postérieure que celui des rayons moins inclinés sur l'axe. L'augmentation de densité de la partie centrale du cristallin tend à donner aux rayons qui la traversent une convergence plus grande ; elle diminue donc leur distance focale et peut les faire arriver aux mêmes points que les rayons marginaux.

Vallée (1), en soumettant au calcul les différents éléments déterminés par Chossat (2) et Brewster (3) sur les indices numériques de réfraction des diverses parties du cristallin, a prouvé qu'au moyen de ces couches on obtient une convergence donnée, sans qu'il soit besoin d'indices aussi élevés que dans le cas d'un cristallin homogène.

Il est essentiel de faire observer que la structure fibreuse du cristallin ne trouble en rien la marche de la lumière dans son intérieur. Il suffit, pour expliquer ce résultat, qui ne peut être révoqué en doute, d'admettre que, dans l'étendue de chaque surface d'égale réfringence, les parties organisées, qui entrent dans la composition du cristallin, offrent une adhésion intime et constituent un tout physiquement homogène. Il est évident d'ailleurs que, s'il n'en était pas ainsi, les influences variées que subiraient les rayons lumineux amèneraient infailliblement leur dissémination irrégulière ; au lieu d'une image nette, il ne pourrait y avoir, sur la rétine, qu'une certaine quantité de lumière sans relation définissable avec la forme des objets extérieurs. On peut se faire une idée de ce qui se passerait alors en soumettant le cristallin à une compression un peu forte ; la translucidité de chacune de ses parties n'est pas altérée, mais les relations précédentes se trouvant détruites, les phénomènes de réfraction régulière cessent immédiatement de se manifester.

En traitant de l'adaptation de l'œil pour la vision à différentes distances, je dirai quel rôle plusieurs physiologistes ont fait jouer au cristallin pour l'explication de ce point intéressant de la théorie de la vision, et je dirai aussi quelles propriétés spéciales de tissu on a cru pouvoir attribuer à cet organe.

Humeur aqueuse. — L'humeur aqueuse est le liquide transparent contenu dans l'espace désigné par les anatomistes sous le nom de *chambre antérieure* et de *chambre postérieure* de l'œil.

L'épaisseur de la couche d'humeur aqueuse comprise entre la face postérieure de la cornée et la face antérieure de la capsule cristalline, suivant la direction de l'axe optique, est de $2^{mm},5463$ suivant Krause.

L'indice de réfraction de l'humeur aqueuse est de 1,337 (Brewster), 1,338 (Chossat). On voit qu'il diffère peu de l'indice de réfraction de la cornée, puisque le nombre qui exprime la valeur de ce dernier est 1,330 d'après Chossat.

L'homogénéité de l'humeur aqueuse est un fait reconnu et admis par tous les physiologistes ; la marche de la lumière, à travers ce liquide, doit donc être considérée comme sensiblement rectiligne, et tout rayon réfracté par la cornée changera peu de direction en traversant l'humeur aqueuse, puisque l'indice de réfraction des deux substances peut être considéré comme à peu près égal.

(1) *Théorie de l'œil*, loc. cit.
(2) *Mém. cit.*
(3) *Philos. transact.*, 1836.

Corps vitré ou hyaloïde. — Le corps vitré ou hyaloïde est cette substance de consistance gélatineuse, admirablement translucide, qui occupe tout le fond de l'œil à partir de la face postérieure de la capsule cristalline.

Les opinions touchant la structure du corps vitré sont très différentes. On s'accorde à y reconnaître une membrane mince, pellucide ou *hyaloïde*, et un contenu, ou *humeur vitrée;* mais l'accord cesse d'exister à propos des rapports réels de cette membrane et de cette humeur.

On a admis longtemps que la membrane hyaloïde, qui constitue manifestement l'enveloppe extérieure du corps vitré, envoie des prolongements internes qui, par leur rencontre, suivant des directions très diverses, circonscrivent des espaces cellulaires remplis par l'humeur vitrée. Cette observation est due à Demours (1). Mais Pappenheim (2), Giraldès (3), E. Bruecke (4) ont assigné au corps vitré une structure tout autre que celle indiquée par Demours. Quoique les détails de leur description soient peu concordants, l'idée qui domine, c'est que le corps vitré est constitué par des couches superposées et concentriques les unes aux autres. Ajoutons qu'une description nouvelle, tout à fait différente des précédentes, vient d'être présentée par Hannover (5).

Malgré l'intérêt physiologique qui s'attache à la détermination précise des éléments du corps vitré et à leur disposition relative, il n'entre pas dans notre plan de discuter la valeur de ces opinions contradictoires, entre lesquelles il serait d'ailleurs fort difficile d'opter d'une manière définitive.

Quelle que soit l'idée que l'on se forme du corps vitré, au point de vue anatomique, les lois de la lumière et la théorie des images au fond de l'œil exigent une certaine homogénéité, sinon anatomique, du moins physique, entre le liquide et la membrane hyaloïde, dans l'étendue de chaque couche appartenant à une surface de même rayon. L'identité que la plupart des auteurs admettent dans toute l'épaisseur du corps vitré paraît tenir à une merveilleuse disposition des éléments anatomiques hétérogènes qui entrent dans la composition de ce milieu réfringent.

Je ne reviendrai pas sur la marche des rayons lumineux dans l'intérieur du corps vitré, supposé homogène depuis la face postérieure du cristallin jusqu'à la rétine : ce point a été traité à propos de la théorie des images qui se forment au fond de l'œil.

D'après Vallée (6), qui croit que le corps vitré est formé par des couches superposées à partir du cristallin jusqu'au fond de l'œil, chaque couche est homogène, mais la densité de l'ensemble va en croissant d'avant en arrière. On verra plus loin les principales conséquences qu'il tire de cette structure hypothétique du corps vitré. Quelque remarquables qu'elles soient, tant que la démonstration positive du fait anatomique sur lequel elles se fondent manquera à la science, on ne devra les admettre qu'avec réserve.

C'est à tort que des physiciens ont cru que rien n'est plus facile que de dé-

(1) *Mém. de l'Acad. des sc. de Paris*, 1741, p. 64.
(2) *Specielle Gewebelehre des Auges*, p. 182. Breslau, 1842.
(3) *Etud. anat. sur l'organ. de l'œil.* Paris, 1836.
(4) MULLER'S *Arch.*, 1843, p. 345.
(5) *Arch. d'anat. et de physiol.*, 1re année, p. 210.
(6) *Ouv. cit.*

terminer les indices de réfraction du corps vitré pour des couches de profondeur différente. Sans doute, si l'on avait affaire à une substance anatomiquement homogène, le procédé de Wollaston ou le procédé plus précis de Brewster pourrait être employé avec succès, mais on conçoit que la ségrégation de la membrane hyaloïde et de l'humeur vitrée rend la difficulté presque insurmontable par les moyens actuellement en usage pour les déterminations de cet ordre.

Choroïde. — On donne ce nom à la seconde des membranes de l'œil dans l'ordre de superposition. La choroïde, par sa surface externe, répond à la sclérotique et se termine comme elle vers la circonférence de la cornée transparente; par sa surface interne, elle s'applique à la convexité de la rétine.

Malgré sa ténuité, on la sépare assez facilement en trois couches concentriques, dont la composition élémentaire est différente. Ce sont, en procédant de l'extérieur à l'intérieur, *la couche celluleuse*, *la couche vasculaire* et *la couche pigmentaire*.

Cette dernière, formée par une variété d'épithélium pavimenteux couvert de molécules pigmentaires, mérite de fixer notre attention à cause du rôle optique qu'elle est destinée à remplir. Elle recouvre toute la surface interne de la choroïde, et s'étend en avant jusqu'au bord de la pupille, en passant sur la face postérieure de l'iris, où elle constitue *l'uvée*.

La teinte noire du pigment varie dans les différents individus; elle est plus foncée généralement chez les bruns que chez les blonds. Chez les hommes ou les animaux dits *albinos*, la choroïde, étant dépourvue de molécules pigmentaires, ne présente plus la teinte noire normale : c'est ce qui fait que le fond de l'œil devient visible à travers la pupille. La lumière, réfléchie à l'extérieur par cet orifice, est plus ou moins rougeâtre, à cause de l'absorption d'une partie des rayons élémentaires de la lumière blanche par le réseau vasculaire choroïdien.

Il importe de noter que, chez l'homme, la choroïde manque en arrière dans le point où le nerf optique traverse les pertuis de la sclérotique et pénètre dans l'œil pour se terminer à la rétine. On verra ailleurs que cette disposition anatomique a donné origine à une opinion erronée sur les fonctions de la choroïde. L'extrémité antérieure de cette membrane aboutit au *ligament ciliaire* qui unit la sclérotique à la choroïde, et elle se termine par un cercle noir et plissé, qu'on désigne sous le nom de *couronne ou corps ciliaire:* celui-ci résulte lui-même de la réunion de plis radiés (*procès ciliaires*) derrière lesquels se prolonge la rétine, au pourtour du cristallin et au-devant de la *zone de Zinn*. Son tissu est d'ailleurs identique avec celui des autres portions de la choroïde; il est imprégné d'une couche épaisse de pigment, remarquable par sa teinte très foncée. Quant aux usages qu'on a attribués aux procès ciliaires, ils sont fort contestables, et leur détermination exige de nouvelles investigations.

Si nous examinons un instant les instruments optiques desquels nous faisons usage, l'intérieur du cylindre d'une lunette, par exemple, nous le verrons constamment recouvert d'une couche absorbante, d'un enduit noir; c'est que, sans cette précaution indispensable, les phénomènes de réfraction régulière se trouveraient compliqués, masqués pour ainsi dire par des réflexions irrégulières à la surface

interne de l'appareil. La superposition des effets engendrerait une perturbation facile à reconnaître par l'expérience. Or, dans l'œil humain, il fallait que chaque rayon lumineux, après avoir produit son effet sur la membrane sensible, ne pût agir ultérieurement. Il est donc nécessaire qu'il soit complétement annulé dès que son action normale a eu lieu. Ce but est atteint par la couche pigmentaire du tissu choroïdien, qui, au point de vue physique, doit être assimilée aux substances absorbantes qui tapissent certains instruments d'optique.

Cette vérité, généralement admise, a été pourtant contestée par quelques physiologistes. Desmoulins (1), après avoir cherché à démontrer les usages du *tapis* chez les animaux qui en sont pourvus, n'a pas craint de considérer le décroissement de la teinte de la choroïde, observé chez les vieillards, comme un moyen de corriger l'imperfection des autres parties de l'appareil oculaire.

Cette opinion nous semble tout à fait inexacte, et, loin de penser que la diminution des propriétés absorbantes de la choroïde soit un procédé supplémentaire employé par la nature pour compenser ce qui manque aux milieux réfringents devenus moins aptes à remplir leurs fonctions, nous croyons que c'est une imperfection qui vient s'ajouter aux autres défauts existants, et qui procède, comme eux, de la décroissance des fonctions réparatrices. D'ailleurs, chacun sait combien est grande la faiblesse des yeux chez les albinos, combien l'éclat d'une vive lumière leur est insupportable. En présence de pareils faits, il semble impossible de méconnaître la nécessité de l'absorption de la lumière par l'enduit noir dont la choroïde se trouve recouverte.

Rétine. — Jusqu'à présent, nous nous sommes exclusivement proposé de déterminer l'influence des diverses portions de l'appareil oculaire qui concourent à donner de la perfection aux images qui se produisent au fond de l'œil; c'est-à-dire d'étudier seulement les phénomènes dépendant de la structure optique de l'œil ou de la construction des milieux transparents placés au-devant de la rétine. Mais il en est d'autres qui ne sauraient être expliqués de la même manière, qui tiennent aux propriétés vitales de cet écran sensible, au conflit qui a lieu entre lui et le *sensorium*: il nous a semblé qu'une pareille étude devait être entreprise seulement lorsque nous nous occuperons des rapports de l'encéphale avec la vision.

DE LA VISION DISTINCTE A DIFFÉRENTES DISTANCES.

Jusqu'à présent, nous avons supposé que la position de l'objet lumineux, les courbures et la densité des milieux réfringents de l'œil, la distance de l'écran sensible, ne subissaient aucune variation.

En assimilant ce qui se passe dans l'œil à ce qu'on observe dans une chambre obscure, il est évident que, si la distance de l'objet vient à changer, l'image focale doit elle-même se déplacer. Si l'éloignement augmente, les rayons qui arrivent à l'œil ont une divergence moins grande, et le foyer des rayons émanés de tous les points d'un corps se trouve en avant de l'écran; s'il diminue, au contraire, le sommet des cônes lumineux réfractés est placé au delà de l'écran. Dans l'un et l'autre cas, l'image perd sa netteté, puisque chacun des points de l'objet, au lieu d'être repro-

(1) *Mém. sur l'usage des couleurs de la choroïde dans l'œil des animaux vertébrés*, Dans *Journ. de physiol. expér.*, t. IV, p. 107.

duit par un point correspondant dans l'image, est représenté par une série de surfaces circulaires qui se couvrent dans une plus ou moins grande partie de leur étendue.

En admettant ainsi l'identité de l'œil avec nos instruments d'optique, on serait amené à conclure que, cet organe ne subissant aucune variation, les objets extérieurs sont visibles seulement dans une position déterminée, celle où leur distance est telle que l'image focale est précisément sur la rétine. Cependant, chacun sait qu'une des propriétés les plus merveilleuses de l'œil consiste précisément dans la faculté qu'il a de donner des notions nettes sur des objets placés à des distances très différentes entre elles.

Les physiciens et les physiologistes ont trouvé, dans la théorie de cette action de l'appareil oculaire, un vaste champ de recherches. Mais l'étude de cette importante question est loin d'être terminée, et des dissidences nombreuses règnent encore parmi les savants les plus distingués.

Les explications relatives au phénomène dont il s'agit sont assez nombreuses pour qu'il me paraisse utile, avant de les exposer dans leurs détails, de montrer à quels types on peut les rattacher.

Une opinion, qui compte dans la science de nombreux partisans, consiste à assimiler l'œil à une chambre obscure d'une grande perfection : pour que, dans un tel appareil, l'image tombe constamment sur la rétine, considérée comme écran, il faut de toute nécessité que l'œil subisse des modifications dans sa forme, qu'il *s'adapte*, en un mot, pour la vision distincte d'objets placés à différentes distances.

Les changements internes, éprouvés par l'œil, sont considérés par certains observateurs comme des variations dans la longueur de son axe, la rétine se rapprochant, suivant le besoin, de la face postérieure du cristallin ou s'en éloignant. Plusieurs admettent que les courbures des milieux réfringents de l'œil sont susceptibles de variations, ce qui permettrait de concevoir la permanence d'une image nette sur la rétine, malgré les changements que subit la position d'un objet relativement à l'œil. Enfin, des mouvements antéro-postérieurs du cristallin sont admis par quelques autres observateurs, et pourraient concourir au but énoncé.

Les partisans de la théorie de l'adaptation reconnaissent de plus, comme nous le verrons, l'influence des dimensions variables de l'orifice pupillaire ; mais ils considèrent les mouvements de l'iris comme incapables à eux seuls de produire la vision nette à des distances différentes.

Une seconde opinion que nous aurons à examiner est celle dans laquelle on admet que, sauf les mouvements du diaphragme irien, il ne s'opère aucun changement interne dans l'œil pour la vision distincte d'objets placés à des distances variables. Ceux qui l'adoptent, trouvent, dans la structure des milieux réfringents de l'œil, dans leurs densités et leurs indices de réfractions variables suivant les couches, la raison d'un phénomène qui reste inexplicable si l'on assimile, d'une manière absolue, ces masses diaphanes hétérogènes aux appareils lenticulaires de nos instruments d'optique.

Enfin, une troisième opinion est le partage de quelques savants mathématiciens. Ceux-ci, pour résoudre le problème par les méthodes qui leur sont familières, ont cherché à prouver que, les milieux réfringents de l'œil n'étant pas terminés par des surfaces sphériques ni même de révolution, les calculs employés pour nos appareils lenticulaires ne pouvaient pas leur être appliqués. Partant de cette base, ils

ont tenté de démontrer que la distance d'un objet à l'œil peut varier dans des limites étendues, sans que l'image qui se forme sur la rétine subisse des modifications appréciables : ils rejettent donc ainsi la nécessité de l'adaptation.

Les premières idées précises sur la nécessité de modifications dans l'œil pour la vision nette à des distances variables sont dues à Olbers (1). Le célèbre astronome de Brême admet que l'image focale se rapproche d'autant plus de la face postérieure du cristallin, que l'objet qu'elle reproduit s'éloigne davantage. La limite extrême de visibilité, pour les corps suffisamment lumineux, est l'infini ; le minimum de distance diffère suivant la vue individuelle. Ce minimum de distance est en moyenne de $0^{m},25$; mais, pour les myopes ou pour les presbytes, on constate des nombres plus ou moins grands.

Dans le travail qu'il a publié en 1780, Olbers a déterminé, par le calcul, la distance de l'image à la cornée, suivant l'éloignement de l'objet. Si la source lumineuse se trouve à l'infini, et l'on peut considérer comme placés dans cette condition les étoiles ou le soleil, la distance de l'image à la cornée est de 0,8996 de pouce ; à 27 pouces, elle est de 0,9189 ; à 8 pouces, de 0,9671 ; et un objet situé à 1 pouce forme son image focale à $1^{p.},0426$.

Ces résultats prouvent que, pour les limites les plus diverses de la vision, les excursions de l'image sont comprises entre $0^{p.},8996$ et $1^{p.},0426$; la différence entre ces nombres, c'est-à-dire 0,143, exprime la série de positions que peut occuper l'image d'un corps lumineux situé à des distances intermédiaires. Or, en admettant que la cornée et le cristallin ne subissent aucune variation de courbure et soient assimilables, quant à leur action sur la lumière, à nos lentilles, il suffit pour la rétine d'une excursion dont le maximum s'élève à $0^{p.},143$, pour que toutes les images puissent être perçues avec une égale netteté.

Olbers a fait une autre hypothèse, et il en a calculé les conséquences. Il suppose que la rétine ne subit pas de déplacements antéro-postérieurs, et cherche alors quelles sont les variations de convexité nécessaires à la cornée pour que l'image tombe à une distance constante derrière le cristallin.

Il imagine encore un objet placé aux distances posées antérieurement comme limites de la vision, et il trouve que, si le corps lumineux est situé à l'infini, le rayon de la cornée sera celui d'une sphère de $0^{p},333$; à 27 pouces, le rayon de courbure sera $0^{p.},321$; à 8 pouces, de $0^{p.},303$, et enfin à 1 pouce, de $0^{p.},27$[illegible] pour que le foyer soit toujours sur la rétine.

Évidemment, on pourrait encore se rendre compte, par des déplacements antéro-postérieurs du cristallin, de la permanence d'une image nette sur la rétine.

Ces hypothèses, émises pour l'explication d'un fait incontestable, sont fort ingénieuses ; mais la difficulté de donner la preuve des faits sur lesquels elles s'appuient les a fait attaquer, rejeter même par divers savants.

Olbers, entraîné par la logique de ses hypothèses, croit que la vision distincte, à des distances variables, ne peut s'expliquer que par des modifications internes de l'œil ; il admet l'existence d'un changement de courbure de la cornée, mais il n'arrive pas à la démonstration expérimentale de ses principes.

Ces idées d'Olbers furent admises par Home (2), qui, en se servant d'un appare[il]

(1) *De internis oculi mutationibus*. Gœttingue, 1780.

(2) *Sur la faculté de l'œil de s'ajuster à différentes distances*. Dans *Biblioth. britannique*, t. I, p. 419 ; t. IV, p. 156.

inventé par Ramsden, crut apercevoir des changements dans la courbure de la cornée. Plus tard, en faisant usage d'instruments plus parfaits, les variations de cette surface lui parurent moins évidentes, et il ne leur fit plus jouer qu'un rôle partiel dans l'accommodation de l'œil.

Englefield et Ramsden partagèrent aussi le sentiment d'Olbers; mais beaucoup de physiciens ont rejeté les grandes déformations de l'œil comme tout à fait inadmissibles, et ont institué plusieurs expériences pour arriver à donner des preuves positives de la validité de leurs arguments.

Th. Young (1), avant de mettre en avant l'explication que nous allons examiner, chercha à prouver que l'œil ne subit aucun allongement total, et que la courbure de la cornée est invariable pendant l'adaptation. Les méthodes expérimentales qu'il a employées sont basées sur une idée déjà émise par Ramsden : elles consistent à observer, au moyen d'une lunette microscopique d'une force amplificative convenable, une image virtuelle bien nette, réfléchie à la surface convexe de la cornée, l'œil de la personne mise en expérience se fixant, sans se déplacer, sur des mires situées à des distances très différentes, mais dans une même direction. Si la courbure de la cornée ne subit aucune variation, l'image réfléchie ne changera pas de dimension; dans le cas contraire, et en admettant les changements reconnus nécessaires par Olbers, la grandeur de l'image sera influencée d'une manière sensible et appréciable. Les résultats d'Young ont été constamment négatifs, et il en a conclu à l'invariabilité de la forme de la cornée.

Ces expériences ont été reprises depuis par de Haldat, et les conclusions d'Young ont paru confirmées par les recherches du savant français.

Mais, avant d'adopter d'une manière complète les résultats précédents, il me semble nécessaire de bien faire remarquer l'immense difficulté qu'offrent de telles expériences, combien aussi doivent être délicates les mesures qu'il s'agit d'opérer, quand on tient compte des mouvements presque imperceptibles qui s'exécutent sans cesse dans l'homme, et qui peuvent avoir ici une si grande influence.

Th. Young, pour prouver l'invariabilité de la cornée, fit encore une expérience bien connue : il prit une lentille biconvexe de $\frac{3}{10}$ de pouce de rayon et de distance focale, montée dans un anneau profond de $\frac{3}{5}$ de pouce; et, après avoir garni de cire les bords du verre, il remplit l'anneau aux trois quarts d'eau presque froide, puis appliqua son œil dessus, de manière que la cornée fût en parfait contact avec l'eau qu'il contenait. L'œil devint immédiatement presbyte, et la force réfringente de la lentille, qui fut réduite par le contact de l'eau à un foyer d'environ $\frac{16}{10}$ de pouce, ne suffit plus à remplacer la cornée, dont l'action fut annulée par le contact de l'eau à sa surface antérieure. Mais l'addition d'une autre lentille de 5 pouces 1/2 de foyer ramena l'œil à l'état normal, et cette disposition, dans laquelle la cornée se trouvait en contact, à ses deux surfaces, avec deux liquides de même densité, et par conséquent devenait nulle quant à la faculté réfringente, permit à l'œil de conserver la propriété de s'accommoder aux distances.

(1) *Biblioth. britannique*, t. XVIII, p. 248.

Tels sont, en résumé, les arguments les plus puissants qui aient été dirigés contre la déformation de la cornée et contre les variations de longueur de l'axe de l'œil.

Les auteurs qui ont admis ces variations les ont attribuées à l'action des muscles oculaires ; mais ces moyens ont paru aux antagonistes de cette théorie tout à fait disproportionnés avec l'effet produit.

Olbers (1) croyait à un allongement de l'œil, dans le sens de son axe antéro-postérieur, allongement dû à la pression des muscles droits. Cette opinion a été combattue par Treviranus (2) : suivant ce physiologiste, les pressions latérales des muscles droits tendent bien à refouler le corps vitré en avant et en arrière, mais la résultante générale tend à entraîner l'œil vers le fond de l'orbite, où il trouve un appui dans le coussinet graisseux sur lequel il repose ; l'œil vient donc s'aplatir contre cet obstacle, la longueur de son axe antéro-postérieur est diminuée. Il est clair, d'après cela, que la vision des objets éloignés pourrait être facilitée par ce mécanisme ; mais chacun sait que les efforts de l'adaptation se font éprouver surtout lors de la vision d'objets placés à une faible distance. Quelques partisans de la théorie des déformations totales du globe oculaire ont proposé une explication plus rationnelle de ces effets, en admettant une compression exercée sur cet organe contre la paroi interne de l'orbite par l'intervention des muscles obliques. Tel est le principe développé avec beaucoup de talent par Luchtman (3), et qui antérieurement avait déjà été énoncé, d'une manière moins explicite, par J. Rohault (4) et Lecamus (5). Cette théorie a l'avantage, comme le fait remarquer Luchtman, de s'appliquer à deux effets dont la coexistence est constante ; d'une part, l'allongement de l'axe oculaire, c'est-à-dire l'éloignement convenable de l'écran sensible, et, d'autre part, l'augmentation de la convergence des axes optiques, phénomène nécessaire dans l'orientation des yeux, pour la vision d'objets peu éloignés.

Des observations nombreuses, faites par des physiologistes d'un grand mérite, parmi lesquels se trouve J. Müller, semblent infirmer toute explication de l'accommodation basée sur l'action des muscles oculaires. L'extrait de belladone, appliqué en solution sur la conjonctive, détermine presque immédiatement la dilatation de la pupille, et cet effet est constamment accompagné d'un état d'accommodation spéciale de l'œil. Il est bon de noter que, pendant l'influence de la belladone, la presbytie momentanée, généralement produite, permet encore l'accommodation dans des limites différentes de l'état normal. Les mouvements généraux du globe oculaire ne subissent d'ailleurs aucune modification ; ce qui démontre, dans ce cas, la permanence de l'intégrité des fonctions des muscles oculaires.

L'explication des changements de courbure de la cornée, par la réaction des humeurs internes de l'œil soumises à la compression des muscles oculaires, a été également attaquée par de Haldat (6). Ce physicien a prouvé, par des expériences directes sur les yeux d'animaux récemment tués, qu'une compression méthodique,

(1) *Op. cit.*

(2) *Beiträge zur Anat. und Physiol. der Sinnenwerkzeuge*, etc., 1828. — *Beiträge zur Aufklärung der Erscheinung und Gesetze der organ. Lebens. cah.* 1, 3. Bremen, 1835.

(3) *De mutatione axis oculi secundum diversam distantiam objecti.* Utrecht, 1832.

(4) *Traité de physique* et *Œuvres posthumes*, p. 1, chap. XXXI. Paris, 1671.

(5) *An obliqui oculorum musculi retinam a cristallo removent?* Dans *Disputat. anatomicæ* de Haller, t. IV.

(6) *Rech. expérim. sur le mécanisme de la vision.* Dans *Mém. de l'Acad. de Nancy.*

suffisante pour changer la convexité de la cornée, détermine constamment une opacité plus ou moins grande de cette membrane : le calcul de la force nécessaire pour obtenir cet effet lui a également permis de conclure que les muscles oculaires peuvent à peine produire une action trois ou quatre fois moindre.

Th. Young (1), partisan de l'adaptation, arriva, par voie d'élimination, à attribuer au cristallin la propriété de subir les modifications nécessaires pour la vision à des distances différentes. S'appuyant sur l'existence des fibres élémentaires qui, par leur réunion, constituent cette lentille, il suppose que chaque couche, dans la partie voisine de l'axe du cristallin, possède une certaine contractilité. Lorsque la contraction se produit, le volume des parties situées suivant l'axe augmentant, la convexité des courbures se trouve accrue et la distance focale devient alors plus petite. On voit que, suivant Young, l'axe du cristallin est susceptible d'allongement et de raccourcissement. Des objections nombreuses ont été dirigées contre cette propriété attribuée au cristallin : on a fait remarquer que la structure de ses fibres diffère totalement de celle des fibres musculaires, qu'aucun nerf n'arrive au cristallin pour déterminer la contraction de ses fibres, que les agents excitateurs ordinaires des tissus contractiles ne produisent aucun effet sur le cristallin. Mais Young admet, et cette opinion était celle de Hunter, que la contractilité de la lentille cristalline est toute spéciale, qu'elle lui est aussi individuelle que la structure de son tissu. L'argument qui paraît avoir le plus de valeur contre l'hypothèse de Young, c'est que, d'après ses propres observations et celles de plusieurs expérimentateurs, la perte du cristallin, par suite de l'opération de la cataracte, laisse encore, aux sujets chez lesquels l'extraction a réussi parfaitement, la faculté d'accommodation dans des limites assez étendues. Il est vrai que le physicien anglais fait observer que la propriété est considérablement atténuée, et qu'il est permis d'attribuer les phénomènes qu'on observe, chez les individus privés de cristallin, à l'influence du diaphragme irien, qui, en se contractant, donne assez de ténuité au faisceau de lumière arrivant dans l'œil, pour que son cercle de diffusion, à la surface de la membrane sensible, ne trouble pas d'une manière appréciable la netteté de l'image.

En dernière analyse, il nous semble que la théorie d'Young, n'étant susceptible d'aucune vérification pratique, ne doit être considérée que comme une habile explication dont la démonstration, aussi bien que la réfutation directe, paraît fort difficile. Il est d'ailleurs toujours fâcheux d'appuyer une hypothèse sur l'existence d'une propriété de tissu aussi contestable elle-même que la cause du fait qu'il s'agit d'expliquer.

Récemment, la théorie de l'adaptation à des distances variables par des changements de courbure du cristallin a été de nouveau émise par Forbes (2), qui rejette la muscularité des fibres cristallines, et soustrait ainsi son explication à l'une des principales objections opposées à la théorie d'Young.

Forbes ne considère pas la densité variable du cristallin comme un moyen de correction de l'aberration de sphéricité, puisque, d'après les mesures précises de Chossat, ces surfaces naturelles ne sont pas sphériques. Il regarde la décroissance

(1) *Questions sur le changement de figure du cristallin.* Dans *Bibliothèque britannique*, t. XVIII, p. 234-246-254.

(2) *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences.* (Séance du 9 déc. 1845.)

de densité du cristallin du centre à la périphérie, comme un moyen de rendre cette lentille plus élastique dans quelques sens que dans d'autres, et, par conséquent, plus propre à changer de courbure et de foyer sous une pression hydrostatique imprimée du dehors.

Suivant le même physicien, une lentille, à noyau ferme et à bords gélatineux, soumise à une pression hydrostatique uniforme sur toute sa périphérie, doit céder surtout par les bords; sa forme se modifie de telle sorte que son axe est moins raccourci que les diamètres situés dans une face perpendiculaire à cette direction. Dans le cas spécial dont il s'agit, la pression est produite primitivement, dit Forbes, par l'action des muscles moteurs du globe oculaire, puis communiquée à l'ensemble de la masse semi-fluide contenue dans l'enveloppe résistante que forment la sclérotique et la cornée. Le cristallin librement suspendu, embrassé, pour ainsi dire, par l'humeur aqueuse d'un côté, et l'humeur vitrée de l'autre, est comprimé en tous sens par la force transmise, et, en se rapprochant davantage de la forme sphérique, devient plus réfringent.

La théorie de Forbes n'est pas plus susceptible de démonstration directe que celle d'Young. La question d'hydraulique, qui vient la compliquer, est d'ailleurs un problème dans lequel le *desideratum* est érigé en vérité. Ajoutons, de plus, que des expériences faites par Forbes, sur le cristallin du bœuf, n'ont pas été suivies de succès.

Divers auteurs ont pensé que l'adaptation de l'œil tient à des déplacements antéro-postérieurs du cristallin. Cette opinion, admise par Kepler (1), Lecat (2) Camper (3), Scheiner (4), Porterfield, etc. (5), a été soutenue par Jacobson (6) qui a cherché à expliquer le mécanisme de ces mouvements du cristallin.

Suivant Jacobson, lorsque le cristallin doit se rapprocher de la cornée, l'humeur aqueuse passe de l'avant à l'arrière de cette lentille, au moyen d'orifices que cet anatomiste signale dans la paroi antérieure du *canal godronné de Petit :* la dilatation de ces orifices s'opère par l'action érectile des procès ciliaires.

L'hypothèse de Jacobson est sans doute ingénieuse, mais aucune expérience ne peut lui donner une base solide. Vallée (7) a d'ailleurs prouvé que la théorie des mouvements du cristallin, par les déplacements de l'humeur aqueuse, tombe, si l'on soumet au calcul les diverses conditions qu'il est nécessaire d'admettre, d'après Jacobson, pour se rendre compte du phénomène.

Je viens d'exposer les principales théories qu'on a émises pour expliquer l'adaptation de l'œil; il reste à examiner l'opinion de ceux qui pensent trouver, dans l'organisation des milieux réfringents de cet organe, la solution du problème qui nous occupe.

Treviranus (8), dans une série de travaux remarquables, a cherché à démontrer, par des considérations mathématiques, que la distance focale d'une lentille

(1) *Paralipomena ad Vitellionem*, cap. V, 1604. Francfort.
(2) *Traité des sensations*, t. II, p. 496. Paris, 1767.
(3) *De visu et de quibusdam oculi partibus.* Dans *Disputat. anatomicæ* de Haller, t. IV p. 225 et 261.
(4) *Fundamentum opticum*, etc. Londres, 1652.
(5) *A treatise on the eyes, the manner and phenomena of vision*, t. I. Edinburgh, 1759.
(6) *Suppl. ad ophthalm.* Copenhague, 1821.
(7) *Ouv. cit.*
(8) *Ouv. cit.*

dont la densité va en croissant de la périphérie au centre, est invariable, quelle que soit la distance de l'objet lumineux, pourvu qu'un diaphragme à orifice variable change le rapport des rayons marginaux aux rayons centraux, suivant une loi qu'il fait connaître. Appliquant les déductions de ses calculs au cristallin, qui présente la structure de ces lentilles hypothétiques, et aux variations de l'orifice pupillaire, il admet que le foyer de cet appareil est le même pour toutes les limites de la vision, et ne croit nullement à des changements de rapport entre les diverses parties de l'appareil oculaire.

Les principes mathématiques invoqués par Treviranus, et les déductions qu'il en a tirées, ont été attaqués par Kohlrausch (1). On verra d'ailleurs, dans la suite de cette discussion, que des expériences remarquables par leur simplicité ne permettent pas de douter de l'existence de changements dans l'œil, bien que le siége de ces modifications ne soit pas encore déterminé.

Pouillet (2) explique la vision distincte d'objets situés à diverses distances par la structure du cristallin et par les mouvements de l'iris. « L'étude anatomique du cristallin, dit ce savant physicien, prouve que les couches centrales étant tout à la fois plus courbes et plus réfringentes que celles des bords, les rayons qui traversent ces dernières ne peuvent pas converger au même point que ceux qui ont traversé les premières. Le faisceau central converge plus près, et le faisceau des bords va converger plus loin. Ainsi le cristallin n'est pas une lentille à un seul foyer, mais une lentille à un nombre infini de foyers différents. Je vais essayer d'indiquer comment ce fait peut concourir à l'explication des phénomènes. D'abord, si l'on place au-devant de l'œil une lame opaque percée d'un trou dont le diamètre soit moindre que 0^{m},001, on distingue nettement tous les objets jusqu'à des distances beaucoup plus petites qu'on ne le pourrait faire sans cette précaution : c'est qu'alors le faisceau qui pénètre dans l'œil est si mince, qu'il est à peine nécessaire qu'il soit aminci par la convergence pour faire des images nettes. Aussi n'observe-t-on aucune différence lorsque le petit trou coïncide avec le bord ou avec le centre de la pupille. Avec un faisceau aminci, on peut donc voir nettement à toutes les distances et par toutes les zones du cristallin.

» Quand on veut regarder, à la vue simple et sans diaphragme, un objet de plus en plus rapproché, on rétrécit de plus en plus l'ouverture de la pupille : c'est un fait facile à vérifier.

» Le but de ce rétrécissement est en effet d'arrêter les rayons qui tomberaient trop loin du centre du cristallin, et dont la convergence ne pourrait avoir lieu qu'au delà de la rétine.

» Quand on veut regarder au loin, on ouvre au contraire la pupille autant qu'il est possible, afin que le faisceau incident soit large, et que ses bords extérieurs tombent près des bords du cristallin, pour converger ensuite sur la rétine. Alors, il est vrai, la partie centrale du faisceau converge trop tôt; mais l'épanouissement qu'elle peut prendre, en allant depuis son point de convergence jusqu'à la rétine, est toujours très petit, et peut d'autant moins troubler la vision, que l'éclat de la lumière est toujours très faible par rapport à la lumière des bords. »

La théorie de Pouillet se rapproche beaucoup de celle de Treviranus. Diverses

(1) *Über Treviranus Ansichten vom deutlichen Sehen in die Nähe und Ferne*, etc. Göttingen, 1836.
(2) *Traité de phys.*, t. II, p. 241.

expériences faites par de Haldat (1), et desquelles je vais exposer les résultats, sont venues lui prêter leur appui.

Déjà Magendie avait remarqué qu'en faisant varier, par l'éloignement ou le rapprochement de l'objet, la grandeur de l'image peinte sur la rétine, on n'apercevait pas de différence appréciable dans sa netteté. Haldat a étudié d'abord les images produites par des cristallins isolés. Il a construit une petite chambre obscure dans laquelle le cristallin remplit le rôle d'objectif, et avec laquelle on reconnaît sans difficulté, affirme-t-il, l'invariabilité du foyer de cette lentille oculaire. L'appareil se compose d'un tube en laiton qui porte à sa face antérieure une capsule propre à contenir un cristallin de bœuf; ce tube en reçoit un second qui est terminé par une lame de verre dépoli, disposée perpendiculairement à l'axe.

« Si l'on amène, dit de Haldat, le verre dépoli au foyer de la lentille oculaire, et qu'on présente l'instrument successivement vers des objets voisins et vers des objets éloignés placés dans la même direction, on observe des images d'une égale pureté. Le résultat est plus frappant encore, lorsqu'on reçoit à la fois les images d'objets placés à des distances diverses, comme on l'a fait pour des mires placées les unes à 3 et à 4 décimètres, et les autres à 20 ou 30 mètres. Les résultats comparés avec ceux qui ont été obtenus au moyen d'une petite lunette de Ramsden, ont montré que les mêmes objets, pour en obtenir des images distinctes, exigeaient un déplacement de l'oculaire de 10 à 12 millimètres. Un diaphragme est utile pour rendre les images plus pures et plus régulières. »

Haldat cite encore l'expérience suivante : « L'instrument étant armé d'un cristallin de bœuf, si on l'expose aux rayons solaires, réfléchis dans la chambre obscure et transmis par une ouverture de 10 à 12 millimètres de diamètre, si en outre le verre dépoli est amené au foyer du cristallin, qui est de $0^{m},610$, il se forme une image éclatante du soleil, bien terminée, et qui, amplifiée par la lentille oculaire, présente une surface de $0^{m},004$ de diamètre. Le verre dépoli, sur lequel se peint cette image, étant fixé à la même distance, on a interposé entre le cristallin et le porte-lumière une lentille biconvexe, dont le foyer était de $0^{m},35$. Quoique les rayons, auparavant parallèles, aient alors pris une direction convergente, l'image a présenté plus d'éclat et une plus grande étendue; mais le foyer a été le même. A la lentille biconvexe, on a substitué un verre biconcave, dont chaque face avait son foyer à $0^{m},12$; les rayons rendus divergents ont donné à l'image moins d'éclat et une étendue moindre, mais le foyer a été le même. On a confirmé ces résultats en changeant même d'une très petite quantité la distance du verre dépoli au cristallin. L'image du soleil, soit que cette distance ait été augmentée ou diminuée, est devenue confuse et mal déterminée. L'invariabilité du foyer du cristallin, pour des rayons de directions différentes, est donc un fait acquis à la science (2). »

Les premières expériences de Haldat, ayant soulevé plusieurs objections, il en institua de nouvelles pour donner une certitude plus grande aux résultats qu'il avait obtenus.

Forbes (3), ayant fait observer la difficulté de constater expérimentalement la différence qui existe dans la netteté des images formées par le cristallin, pour des

(1) *Mém. cit.*
(2) *Mém. sur les images qui se forment au fond de l'œil et sur un moyen très simple de les apercevoir.* Paris, 1813.
(3) *Mém. et rec. cit.*

objets inégalement distants, de Haldat entreprit une série de recherches sur des yeux entiers. Voici l'exposé de son procédé :

« Je préparai, dit ce savant, des yeux de bœuf en coupant les trois membranes de la face postérieure, dans une étendue égale à la surface d'une pièce de 50 cent., et dans un plan parallèle à la pupille. Pour pratiquer cette ouverture, qui suffit à l'image des objets placés à l'extérieur, on doit saisir l'œil entre les doigts avec la précaution de le comprimer le moins possible, ou, mieux encore, en l'enfermant dans une capsule sphérique, qui porte une ouverture à la face postérieure, et une autre à la face antérieure. Les deux valves dont se compose cette capsule, réunies par le moyen d'une charnière, peuvent contenir le globe oculaire. L'ouverture postérieure permet de faire la section circulaire des membranes formant le fond du globe, et d'observer les images qui s'y peignent. Quoiqu'il s'écoule nécessairement une petite quantité d'humeur vitrée, les images sont très distinctes, si cette humeur a conservé la forme sphérique qui lui est propre. Si elle l'a perdue, on la lui fait reprendre par l'application de quelque portion d'une membrane demi-transparente appliquée sur l'ouverture. Diverses substances peuvent être employées à cet usage ; mais, de tous les moyens, celui qui est le plus commode et le plus simple est d'appliquer sur cette ouverture un verre de montre d'une courbure analogue à celle du globe oculaire employé. Ce verre, fermant à la fois l'ouverture de la valve postérieure et celle qui est pratiquée au fond du globe, permet d'observer les images avec la plus grande facilité. On peut lui donner les qualités du verre dépoli, tel qu'on l'emploie dans certaines chambres obscures, en passant sur la surface extérieure une couche de suif extrêmement légère. Par ce procédé si simple, qui donne au verre une demi-transparence bien supérieure à celle du verre dépoli ou simplement terni, on pourrait même, dans un cours de physiologie, exécuter un grand nombre d'expériences importantes, et montrer que l'image est bien réellement peinte au fond de l'œil, et nécessairement sur la rétine ainsi remplacée ; qu'elle l'est avec la forme et la couleur des objets, dans une dimension qui est en raison inverse du carré de la distance, mais dans une situation renversée ; enfin, que le lieu de l'image est sensiblement invariable pour les objets représentés par des rayons lumineux de direction diverse. »

Ces expériences, répétées un grand nombre de fois, ont convaincu Haldat de la constance dans le lieu de l'image pour le cas indiqué, sans toutefois l'éclairer sur la cause du phénomène contraire aux déductions théoriques, et même aux expériences faites avec des lentilles artificielles. Haldat semble d'ailleurs porté à expliquer l'adaptation par des considérations analogues à celles qui font la base des théories de Treviranus et de Pouillet.

Malgré l'autorité imposante de savants aussi distingués que ceux dont nous venons d'exposer les travaux, il nous semble qu'une expérience simple, facile à répéter, démontre en même temps, et la nécessité de l'adaptation pour la vision nette d'objets placés à des distances différentes, et l'insuffisance des théories basées sur la structure du cristallin et sur les mouvements pupillaires, pour expliquer les phénomènes qui nous occupent.

Cette expérience (1), que chacun a pu faire, consiste à placer verticalement deux épingles noires sur une règle de bois horizontale, à une distance notablement différente. On ferme l'un des yeux, et l'on vise avec l'autre les extrémités alignées des

(1) J. Muller, *Manuel de physiol.*, trad. de Jourdan, t. II, p. 322.

deux épingles. Si, restant immobile, on cherche à voir l'épingle la plus rapprochée, son image se peint dans l'œil et on la perçoit avec une très grande netteté, les contours linéaires sont vifs et arrêtés, surtout lorsqu'on a soin de faire qu'elle se projette sur un écran blanc ; en même temps l'épingle la plus éloignée cesse d'être vue, et l'on n'a plus la sensation, pour cette dernière, que d'une trace nébuleuse. Lorsque, au contraire, sans varier de position, on adapte son œil pour voir nettement l'épingle éloignée, on la perçoit parfaitement distincte, tandis que la plus rapprochée devient tout à fait confuse.

Dans cette expérience, les images des deux épingles se superposent dans l'œil. Il est aisé, par un effort d'adaptation, de voir l'une ou l'autre à volonté; mais il est impossible d'avoir simultanément une perception nette de toutes les deux, ce qui prouve que l'œil accommodé pour la vision de l'une, ne l'est pas pour la vision de l'autre. Dans chacun des temps de l'expérience, il est manifeste que l'œil étant disposé pour la vision nette de l'une des épingles, les rayons émanés de l'autre n'ont pas l'inclinaison convenable, pour que les sommets des cônes réfractés se trouvent sur la rétine ; il y a des cercles de diffusion pour chacun des points de l'objet, et la sensation produite est aussi obscure que l'image elle-même est confuse.

Cette expérience est en contradiction avec la théorie de Pouillet. En effet, si l'œil se fixe sur l'objet le plus rapproché, le diamètre pupillaire devient fort petit ; l'objet éloigné n'envoie dans l'œil que des rayons centraux qui, doués d'une trop grande convergence, ont leur foyer en avant de la rétine, et les cercles de diffusion formés sur cette membrane produisent la sensation vague d'une nébulosité. Mais, lorsque l'œil se fixe sur l'objet éloigné, la sensation perçue est d'une netteté remarquable : or, dans ce cas, les rayons lumineux traversent les bords et le centre de la lentille cristalline. S'il n'y avait pas dans l'œil d'autre mode d'adaptation que celui qui est indiqué dans les théories précédentes, il serait impossible de concevoir la perception d'une seule image parfaitement nette de l'objet éloigné, aussi bien que la disparition de l'image nébuleuse engendrée par les rayons centraux dont le foyer serait en avant de la membrane sensible. En admettant l'hypothèse de Pouillet, les contours de l'image éloignée devraient toujours paraître entourés d'une sorte de pénombre due à l'image nébuleuse produite par les rayons centraux ; cette pénombre pourrait bien, vu la différence d'intensité, ne pas être sensible dans les lieux où la superposition s'opère, mais elle se manifesterait nécessairement dans les parties de la rétine non ébranlées, puisque l'aire qu'elle occupe sur cette membrane serait plus grande que celle de l'image nette formée par les rayons marginaux.

Une expérience indiquée par Scheiner (1) semble bien propre aussi à démontrer la nécessité de modifications internes de l'œil pour l'adaptation. Après avoir percé, dans une carte, deux petits trous distants entre eux d'une longueur moindre que le diamètre de l'orifice de la pupille, si l'on observe, en plaçant cette carte devant l'œil, un objet peu étendu, un point noir sur un fond blanc, par exemple, on constate que ce point n'est vu unique qu'à une distance déterminée ; en deçà et au delà, on a une sensation double. Évidemment, l'œil une fois disposé pour l'expérience, la rétine se trouve au foyer de l'appareil réfringent de l'œil, seulement pour les distances auxquelles le point paraît unique. Dans ce cas, en effet, un point lumineux extérieur envoie des rayons qui, traversant deux parties quelconques de l'appareil réfringent, concourent au même foyer, et se rencontrent sur les mêmes éléments de la rétine.

(1) *Ouv. cit.*

Si l'observateur voit deux points lumineux en deçà et au delà de la position précédente, c'est que dans l'un et l'autre cas les rayons ne forment plus leur foyer sur la rétine : en deçà, les rayons trop divergents auraient leur foyer derrière cette membrane, et chaque pinceau rencontre des éléments sensibles différents, d'où une sensation double ; au delà, les rayons trop convergents se croisent en avant de la rétine, et, continuant leur marche au delà du foyer, vont encore déterminer un double ébranlement et une double sensation.

On conçoit tout le parti que l'on peut tirer de cette expérience contre les théories précédentes, et en faveur des explications basées sur des changements internes du globe oculaire.

Il est encore plusieurs autres faits à leur opposer. Si, comme le pensent Treviranus et Pouillet, l'accommodation de l'œil dépend spécialement des variations de l'orifice irien, chaque fois que le diamètre de la pupille changera, l'état d'accommodation de l'œil sera modifié, et chacun sait que, si l'on éclaire plus ou moins un objet dont la distance à l'œil est invariable, la pupille se contracte ou se dilate ; et cependant, il n'y a aucune variation dans la netteté de la vision, l'impression seulement prend ou perd de l'intensité.

Un argument de Volkmann (1) nous paraît avoir aussi une grande valeur, et démontre que, si l'iris joue un rôle dans l'adaptation, on ne peut le considérer comme l'organe spécial de cette fonction. On perce une carte d'un trou beaucoup plus petit que l'orifice pupillaire : si l'on place cet écran à une petite distance au-devant de l'œil et dans la direction de son axe, l'expérience déjà citée des épingles réussit encore. L'une des épingles étant vue nettement, la perception de l'autre est très vague, et la vision parfaite, simultanée, d'objets placés à des distances variables, ne peut pas s'effectuer plus que dans les conditions normales.

Dans cette expérience, le rôle de l'iris est anéanti par la pupille invariable que l'on interpose entre les rayons lumineux et l'œil. Si l'accommodation s'opère encore, force est bien de reconnaître que l'iris ne peut à lui seul en être l'instrument.

Jean Mile (2) a aussi donné une théorie de l'adaptation. Il ne considère pas la structure du cristallin comme propre à expliquer le phénomène, mais il attribue à l'iris cette propriété : les variations de la pupille suffisent, selon lui, pour rendre compte de ce qui se passe dans l'œil. Cette théorie se base sur les phénomènes optiques qui ont lieu quand des rayons lumineux rasent le bord des corps opaques, et que l'on désigne sous le nom de *phénomènes de diffraction*. Suivant son auteur, la vision distincte et continue des objets renfermés dans certaines limites résulte de la diffraction des rayons près du bord de l'ouverture de l'iris : par suite de cette influence, il se forme, d'un seul point lumineux externe, plusieurs foyers au lieu d'un, rangés successivement dans une ligne d'une certaine longueur, de manière que l'objet peut, dans certaines limites, changer de distance, et pourtant un de ses foyers tombera toujours au fond de l'œil. Cette longueur focale est en raison inverse du diamètre pupillaire.

Cette hypothèse a été combattue par Treviranus (3) et Volkmann (4), qui ont

(1) *Neue Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes*. Leipsig, 1836.

(2) *De la cause qui dispose l'œil pour voir distinctement les objets placés à différentes distances*. Dans *Journ. de physiol. expér.*, t. IV, p. 166.

(3) *Ouv. cit.*

(4) *Ouv. cit.*

fait observer avec raison qu'en admettant les principes du physiologiste de Varsovie, il faudrait supposer que les images nettes ne sont produites que par le nombre très petit de rayons qui rasent les bords de la pupille; mais alors quel rôle jouent les rayons qui pénètrent dans l'œil en proportion énorme sans être diffractés?

L'explication de la vision nette *par la diffraction* me paraît si peu plausible, cette propriété me semble si peu propre à jouer le rôle qu'on lui attribue ici, que je serais plutôt porté à considérer son influence sur les rayons qui rasent le bord de l'iris comme une cause d'imperfection pour les images produites sur la rétine, si le très petit nombre des rayons sur lesquels elle agit ne paraissait avoir rendu son effet négligeable.

Si la théorie proposée par Lehot (1) pouvait être admise, elle rendrait inutiles tous les procédés d'adaptation successivement invoqués pour expliquer la vision distincte d'objets placés à des distances variables.

Ce n'est ni sur la rétine, ni sur la choroïde, que l'impression lumineuse se produit, d'après ce physicien, mais c'est dans l'intérieur même du corps vitré. L'image d'un plan a deux dimensions dans ce milieu; mais celle d'un corps solide en a trois. La sensation, pour un point lumineux extérieur, correspond au sommet du cône réfracté qui se trouve dans le corps vitré, et là seulement. Suivant la distance des objets à l'œil, les sommets se rapprochent ou s'éloignent de la face postérieure du cristallin, mais ils sont toujours dans le corps vitré tant que la perception est nette.

Une foule d'objections puissantes infirment cette théorie, et chacun peut les faire immédiatement. Comment l'impression lumineuse peut-elle se transmettre du corps vitré, totalement dépourvu de nerfs, au *sensorium* qui la perçoit? Comment expliquer les illusions produites par les peintures, qui, au moyen d'images planes, donnent la sensation d'objets à trois dimensions? Notons encore que les rayons lumineux, après leur croisement au foyer, doivent continuer à marcher, et viennent nécessairement produire, par leur rencontre sur la rétine, une image dont la netteté varie suivant leur diffusion plus ou moins grande. Suivant Lehot, cette image n'est pas perçue; il faut donc admettre l'insensibilité de la rétine, et même, en adoptant l'hypothèse de l'auteur, l'insensibilité de toutes les portions du corps vitré qui sont comprises entre le sommet du cône et la membrane nerveuse. De pareilles propositions n'étaient réellement pas soutenables; elles sont universellement abandonnées aujourd'hui.

Je regrette vivement de ne pas pouvoir donner ici une idée complète de deu[x] théories importantes, présentées l'une par Vallée (2), l'autre par Sturm (3). Le[s] explications de ces savants, quoique bien différentes, sont basées sur des calculs [e]t des considérations mathématiques que la nature de cet ouvrage ne nous perme[t] pas d'aborder : ceux de nos lecteurs qui voudront prendre une connaissance parfaite de ces travaux remarquables devront recourir aux mémoires originaux.

Sturm, se fondant sur les mesures prises par Sœmmerring, Chossat, Krause, [e]t sur les observations d'un assez grand nombre de physiologistes, admet que les milieux réfringents de l'œil ne sont pas sphériques, et même qu'ils ne sont pas term[inés]

(1) *Nouvelle théorie de la vision.* Premier mémoire, p. 20. Paris, 1823.
(2) *Ouv. cit.*
(3) *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sciences.*

nés par des surfaces de révolution. Il conclut alors, d'après des théorèmes géométriques, que les rayons lumineux émanés d'un point rayonnant, par leur réfraction dans l'œil, ne peuvent pas donner, au delà du cristallin, un point unique pour foyer, et qu'ils forment un faisceau assujetti à toucher les deux nappes d'une surface caustique en donnant deux foyers, F et f. Le maximum de condensation des rayons lumineux provenant d'un point extérieur s'opère dans l'espace compris entre les foyers F, f, espace qu'il nomme *intervalle focal*, dont la longueur est fort petite, mais qui jamais ne peut se réduire à un point.

En partant de ces principes qu'il démontre, Sturm explique la vision distincte d'objets inégalement distants de l'œil. Car, dit-il : « La direction du rayon central sur laquelle se trouvent les foyers F, f, étant presque perpendiculaire à la surface de la rétine, le point d'où émanent les rayons lumineux sera vu avec une netteté suffisante, si la ligne Ff, quoique très courte, rencontre la rétine en un point situé entre les deux foyers F et f, ou même encore un peu au delà de F, ou en deçà de f; car alors le mince faisceau lumineux que la pupille a laissé passer interceptera sur la surface de la rétine un espace extrêmement petit, incomparablement moindre que les sections faites dans ce faisceau, très près du cristallin. A la vérité, l'image d'un simple point sur la rétine peut être alors plus étendue en longueur qu'en largeur ; mais comme la lumière est plus condensée au centre de cette image, et que ses deux dimensions, quoique inégales, sont d'une extrême petitesse, on conçoit que, si l'on regarde un objet d'une étendue finie, des points contigus de cet objet donneront sur la rétine des images qui se superposeront en partie dans le sens de leur longueur, de manière à former, par leur ensemble, une image de l'objet assez nette et bien terminée.

» On explique par là comment la distance d'un objet à l'œil peut varier entre certaines limites, sans que les images sur la rétine des différents points de cet objet grandissent, jusqu'à se confondre, en s'étendant et empiétant trop les unes sur les autres, ce qui troublerait la vision.

» Si l'objet se rapproche ou s'éloigne, le petit faisceau de lumière qui, émané d'un point de cet objet, traverse l'œil, changera de forme graduellement; ses deux foyers F et f au fond de l'œil se déplaceront simultanément en marchant dans le même sens et restant toujours très près l'un de l'autre, et il suffira que l'un d'eux se trouve encore assez près de la rétine pour que l'image n'occupe toujours qu'un très petit espace sur la rétine, et que la vision ne cesse pas d'être distincte.

» D'autres circonstances peuvent d'ailleurs contribuer à cette petitesse de l'image, savoir : la contraction de l'iris, le déplacement imperceptible de la tête lorsque l'œil se fixe sur l'objet ou se dirige d'un objet vers un autre, ce qui change un peu les incidences des rayons, et peut-être aussi un très léger changement de courbure du cristallin.

» Quand l'objet sera trop rapproché ou éloigné, la vue pourra devenir confuse, parce que les deux foyers F, f, correspondants à chaque point de l'objet, se trouveront trop loin de la rétine, ou bien encore trop distants l'un de l'autre. »

Le savant travail de Sturm a été soumis à plusieurs objections importantes, faites par Vallée, qui pense que son auteur a trop pris en considération l'imperfection de certains yeux. La discussion de cette théorie se trouve dans le quatrième mémoire sur la *Théorie de l'œil* (Vallée) : les considérations mathématiques sur lesquelles elle s'appuie ne nous permettent pas de l'analyser ici.

Nous ferons seulement observer que, tout en paraissant rendre compte de bien

des phénomènes obscurs, elle se trouve en contradiction avec l'expérience citée par Muller, si l'on ne fait pas intervenir un acte d'adaptation, un changement dans l'œil. Et, en effet, si les milieux de l'œil sont invariables, pourquoi ne voyons-nous pas simultanément les deux épingles alignées, et ne pouvons-nous les distinguer que successivement, bien que chacune soit à son tour parfaitement visible ? C'est que l'ajustement de l'œil pour la vision de l'une ne convient pas à la vision de l'autre; c'est qu'il y a une modification de l'appareil optique.

La question de l'adaptation a également beaucoup occupé Vallée (1). Son hypothèse fondamentale consiste à regarder le corps vitré comme formé par une série de couches superposées dont la densité, et par suite le pouvoir réfringent, croissent rapidement de la face postérieure du cristallin à la rétine. En admettant cette structure, Vallée cherche quelle est la forme d'un pinceau de rayons convergents, après la réfraction qu'il subit sous l'influence de la cornée et du cristallin, par l'action des couches postérieures du corps vitré : ce faisceau de rayons convergents constitue une surface courbe de révolution à pointe plus aiguë que celle d'un cône dont la base serait au cristallin et le sommet à la rétine. En partant de cette hypothèse, Vallée a démontré, par le calcul, que de très légères modifications de l'appareil oculaire suffisent pour expliquer comment le sommet des faisceaux convergents peut se trouver sur la rétine ; il a prouvé aussi que l'explication de la vision nette, pour des objets situés à des distances variables, devenait facile en admettant la précédente organisation du corps vitré.

Les idées remarquables de Vallée seraient, sans contredit, les plus propres à résoudre le problème délicat de l'adaptation. Il faut malheureusement reconnaître que les preuves expérimentales de son hypothèse sur la structure du corps vitré manquent totalement, et que les expériences propres à les fournir semblent présenter des difficultés extrêmes.

Nous venons d'examiner les différentes théories, successivement proposées pour expliquer la vision distincte d'objets placés à diverses distances : cette question si débattue, contre laquelle tant de savants sont venus échouer, est-elle résolue aujourd'hui? Nous ne le pensons pas. Mais ce qu'il nous semble impossible de nier, c'est la nécessité de changements dans l'œil pour l'explication du phénomène, c'est la nécessité de l'adaptation.

S'il pouvait rester quelques doutes à cet égard, que l'on réfléchisse à l'expérience rapportée par Muller (*loc. cit.*) à celle de Scheiner (*loc. cit.*), et l'on arrivera toujours à notre conclusion. L'observation vulgaire n'apprend-elle pas aussi que, par l'examen prolongé d'objets rapprochés, l'œil devient momentanément myope? Bien plus, lorsqu'après avoir fixé longtemps un objet éloigné, on porte rapidement ses regards sur un autre situé à une petite distance, on constate un certain temps qui sépare le moment où les yeux se fixent sur l'objet rapproché et celui où on le voit nettement.

Tout en reconnaissant le fait de l'adaptation comme incontestable, avouons néanmoins que le mécanisme du phénomène reste encore inconnu : sans doute, parmi les explications dont nous avons fait l'examen critique, il en est de fort ingénieuses, mais aucune aujourd'hui ne nous paraît devoir entraîner la conviction.

C'est seulement à propos de l'étude physiologique des appareils moteurs du globe

(1) *Ouv. cit.*

oculaire, que nous nous appliquerons à signaler le lien qui existe entre la direction des axes visuels et les mouvements internes nécessaires à l'adaptation.

PRESBYTIE ET MYOPIE.

Les phénomènes physiques de la vision viennent d'être présentés dans toute leur généralité; aussi ai-je dû supposer, dans l'examen qui précède, que j'avais affaire à des yeux parfaits. Pour le compléter, il importe de passer en revue quelques faits exceptionnels qui tiennent à certains défauts inhérents à l'appareil oculaire.

Si l'on trace, sur une feuille de papier blanc, une ligne noire d'une grande ténuité, qu'on la tienne très rapprochée de l'œil, cette ligne ne pourra pas être perçue nettement, ce qui tient à ce que le foyer des rayons qui émanent de ses différents points se trouve en arrière de la rétine. Mais, si l'on éloigne successivement le papier de l'œil, il arrivera un moment où la perception sera aussi parfaite que possible. Dès que ce point est atteint, on dit que l'objet est situé à la *distance de la vision distincte :* nous savons déjà que cette distance est, en moyenne, de 0^{m},25 pour les individus doués d'une bonne vue. Chez de tels sujets, à partir de cette limite minima, tout objet suffisamment éclairé reste visible jusqu'à l'infini, pourvu que ses dimensions soient telles qu'il sous-tende, sur la rétine, un angle dont l'appréciation nous occupera ultérieurement.

Il est des hommes chez lesquels la distance de la vue distincte dépasse d'une quantité notable 0^{m},25. Si les détails d'un objet de peu d'étendue ne sont saisis avec netteté que lorsqu'on le porte à 0^{m},50 ou 0^{m},70 de l'œil d'un tel observateur, sa vue cesse d'être normale : on dit qu'il est atteint de *presbytie* ou *presbyopie.*

On trouve, au contraire, des personnes pour lesquelles la vision distincte s'opère à une distance beaucoup plus petite que 0^{m},25. Cette portée de la vue est de 0^{m},15, de 0^{m},1, même pour quelques yeux : ce défaut de l'appareil oculaire caractérise ce qu'on nomme la *myopie.*

Il est intéressant d'examiner à quelles causes on doit attribuer ces deux imperfections, et d'indiquer par quels procédés on a cherché à y remédier.

Il est probable, comme on l'admet généralement, que la *presbytie* a son origine dans le défaut de courbure des surfaces qui terminent les milieux réfringents de l'œil. La cornée imprimant la plus grande déviation aux rayons qui arrivent à l'œil, c'est ordinairement à son aplatissement que l'on attribue l'imperfection dont il s'agit; mais la forme du cristallin peut avoir la même influence.

Cette opinion, dont l'exactitude peut être reconnue *à priori*, trouve d'ailleurs sa justification dans ce qu'on observe chez les vieillards : il est, en effet, très commun de voir des hommes, doués d'une vue normale pendant la jeunesse et la période moyenne de la vie, devenir de plus en plus presbytes à mesure qu'ils avancent en âge. On peut tirer de ce fait vulgaire cette conclusion : tant que les phénomènes de nutrition s'accomplissent avec toute leur activité, l'œil conserve toutes ses propriétés normales; mais quand la réparation cesse d'être en rapport avec la dépense, l'œil, comme tout autre organe, subit un commencement d'atrophie dans toutes ses parties. On conçoit qu'indépendamment de toute autre cause, la

réaction des humeurs sur l'enveloppe extérieure, en diminuant, produise un aplatissement graduel de la cornée, qui suffit pour donner à l'œil le défaut que nous signalons.

Si l'œil du presbyte ne présente pas d'imperfection du côté de la sensibilité, à partir de la limite assignée plus haut, la vision s'opère avec autant de netteté que dans les conditions normales. Le raisonnement rend bien compte de ce fait : on a déjà vu que les efforts d'adaptation ont leur maximum pour la perception des objets visibles les plus rapprochés; qu'ils vont en décroissant à mesure que la distance augmente; qu'ils sont nuls pour un foyer situé à l'infini. Pour voir un corps lumineux situé à une faible distance, le presbyte devra exercer toute son énergie d'adaptation, car il s'agira d'imprimer à des rayons trop divergents un degré de convergence suffisant pour que le foyer soit situé sur la rétine. Mais, à partir de ce point, les objets qui s'éloignent seront de plus en plus facilement perceptibles, puisque la condition de leur visibilité résidera dans la diminution successive d'un état actif de l'œil.

Il importe de bien connaître ces faits qui aideront à saisir l'explication de ceux qui se rapportent à la vue des myopes.

La *myopie* tient à une forme des milieux réfringents de l'œil précisément inverse de la précédente : la courbure de la cornée ou celle du cristallin est naturellement exagérée. La convergence imprimée aux rayons pénétrant dans l'œil est telle que ceux qui, avant d'y arriver, ont une faible divergence, reçoivent une déviation en vertu de laquelle leur foyer se trouve en avant de la rétine. Ils divergent à partir du lieu d'entrecroisement, et l'image qui arrive au fond de l'œil est nébuleuse à cause de la superposition des cercles de diffusion.

On comprend dès lors comment la distance de la vue distincte se trouve diminuée : en effet, plus l'objet se rapprochera de l'œil, plus les rayons émanés de chacun de ses points seront divergents; leur foyer s'éloignera de la face postérieure du cristallin, et la vision sera nette quand le sommet des cônes réfractés sera sur la rétine.

La vision des objets éloignés ne résultant pas d'un effort d'adaptation, mais d'un relâchement général, d'une sorte d'inertie de l'appareil optique, le myope ne pourra pas réagir contre la trop grande puissance de son organe, et les objets placés à une trop grande distance, envoyant des rayons peu divergents, formeront nécessairement leur foyer en avant de la rétine et ne pourront être perçus avec netteté.

Ce que j'ai énoncé d'une manière générale sur l'adaptation doit être restreint; car, chez les myopes et chez les presbytes, la puissance d'accommodation est limitée, et ne suffit plus pour combattre de légères imperfections de l'appareil optique.

La myopie tient, en général, à une disproportion primitive des éléments organiques de l'œil : elle peut néanmoins dépendre de certaines circonstances accidentelles. On prétend que les enfants qui lisent ou écrivent, en regardant de très près, deviennent souvent myopes; cette induction nous paraît peu rigoureuse, car il est bien plus probable que, dans ces cas, la myopie est la cause plutôt que l'effet d'une habitude gênante. On attribue le même inconvénient pour la vision à l'usage permanent de la loupe ou du microscope. Sans nier positivement l'influence fâcheuse de ces appareils sur la portée de la vue, je crois que la faculté d'accommo-

dation ne peut guère en être altérée que momentanément, mais qu'une myopie confirmée doit rarement avoir une pareille origine.

Il est aisé de concevoir, en tenant compte de l'origine réelle de la myopie, que cette affection doit réellement appartenir à la jeunesse et à l'âge adulte; on comprend même que cette imperfection doit plutôt tendre à se corriger chez les vieillards qu'à se produire dans la dernière période de la vie.

Optomètres. — Pour mesurer la distance de la vue distincte chez les différents individus, on a eu recours à un grand nombre de procédés : j'en indiquerai un qui permet de faire cette détermination avec une précision suffisante. L'expérience déjà mentionnée de Scheiner (1) est la base de l'appareil connu sous le nom d'*optomètre*, appareil dont la forme peut être variée, mais qui, réduit à sa plus grande simplicité, présente les combinaisons suivantes :

Une règle de bois bien dressée, longue de 80 centimètres environ, large de 5 centimètres, et préalablement recouverte de velours noir, est couchée horizontalement; sur le milieu de cette règle est tendu, parallèlement à sa longueur, un fil de soie blanche; à une distance de 2 ou 3 millimètres de ce fil, et sur l'un de ses côtés, se trouve une tringle de bois, graduée avec soin, sur laquelle deux curseurs à index peuvent se mouvoir. A l'une des extrémités de la règle, et perpendiculairement à la direction du fil de soie, est une lame métallique noircie dans laquelle, à 3 centimètres environ de la règle, existent deux petits trous circulaires sur une même ligne horizontale, assez rapprochés l'un de l'autre pour que leur distance soit plus petite que le diamètre de la pupille : ces trous doivent être également éloignés, l'un à droite, l'autre à gauche, du plan qui passerait par le fil de soie et la verticale élevée en un de ses points.

Pour faire usage d'un optomètre ainsi construit, on place l'un des yeux vis-à-vis les deux trous, et à une distance aussi petite que possible de la plaque, de manière à voir le fil de soie blanche tendu sur la règle.

Dans l'œil d'un observateur doué d'une bonne vue, ce fil apparaît sous la forme de deux lignes blanches, dont le maximum d'écartement se trouve à la partie la plus rapprochée de l'œil, et qui vont en convergeant l'une vers l'autre, jusqu'à ce qu'elles se confondent; à partir de ce point, on ne les voit plus se disjoindre, et la sensation est unique.

Si l'on fait marcher le curseur jusqu'au sommet de l'angle que forment entre elles les deux lignes, le nombre de millimètres qui le sépare du 0° de la tringle graduée exprime précisément la distance de la vue distincte.

Pour concevoir l'apparence que prend le fil de soie dans cette expérience, il suffit de se rappeler qu'un point placé en avant de l'œil, en deçà de la limite de la vue distincte, et ayant son foyer plus loin que la rétine, peint sur cette membrane un cercle d'une étendue appréciable. Si, comme on le fait au moyen des deux trous de l'optomètre, on vient à arrêter une partie des rayons qui contribuent à la formation de ce cercle, les deux petits pinceaux lumineux, qui arrivent à la rétine, conservent leurs directions respectives et se peignent sur des éléments différents de cet écran. En faisant un raisonnement semblable pour chacun des points d'une ligne lumineuse disposée comme le fil de soie de l'optomètre, on concevra la perception des deux lignes et leur écartement de moins en moins sensible. Le lieu de

(1) *Op. cit.*

l'intersection est évidemment celui qui correspond au point lumineux qui a son foyer exactement sur la rétine; pour un tel point, la netteté de l'image est conservée, malgré la diminution de l'intensité lumineuse.

Pour une bonne vue, et dans le cas de presbyopie, tous les points du fil situés au delà de celui qui est placé à la limite de la vue distincte ne donnent qu'une image; c'est-à-dire qu'à partir du sommet de l'angle, les lignes se confondent de manière à n'en plus former qu'une seule.

Si c'est un myope qui fait l'expérience, il en sera tout différemment : les deux lignes se confondront d'abord en une seule, comme dans les cas précédents; à partir de ce point, la ligne paraîtra simple dans une portion de sa longueur, puis elle commencera à diverger de nouveau d'une manière continue. Une pareille expérience démontre combien sont resserrées les limites de la vision nette chez le myope. Chacun peut comprendre, d'après ce qui a été dit plus haut sur la myopie, à quoi on doit attribuer la deuxième limite de la vue distincte pour des yeux atteints de cette imperfection. Je nommerais volontiers intervalle de vue distincte, pour le myope, la distance qui sépare les sommets des deux angles optométriques.

Il est bon de rappeler que, quoique l'optomètre permette d'atteindre le but qu'on se propose dans la majorité des cas, il est certaines personnes, d'après la remarque de Dulong (1), qui peuvent faire varier à volonté, et d'une manière assez notable, le point de croisement des lignes perçues. Ce fait s'explique par une sorte d'exagération exceptionnelle de la faculté d'accommodation de l'œil.

La nature et la cause de la presbytie et de la myopie étant connues, on a dû chercher à remédier à ces imperfections de l'appareil oculaire.

Dans le cas de presbytie, les yeux ne suffisant pas pour donner la convergence nécessaire aux rayons divergents qui émanent des objets rapprochés, on a placé, en avant de ces organes, des lentilles biconvexes dont les courbures sont telles que le foyer des objets placés à la distance de la vue distincte normale se trouve précisément sur la rétine. Le degré de courbure des surfaces nécessaire pour arriver à ce résultat doit varier avec l'imperfection plus ou moins grande de l'œil; ce n'est que par des essais successifs qu'on peut arriver au choix des verres les plus convenables. La presbytie croissant avec les années, il devient souvent nécessaire de remplacer, à mesure qu'on avance en âge, des verres faiblement convexes par des lentilles d'un foyer plus court.

La myopie tenant à un défaut inverse des courbures de l'appareil de la vision, on corrige cette infirmité par l'emploi de lentilles biconcaves. En effet, celles-ci impriment aux rayons qui vont pénétrer dans l'œil une divergence telle, que l'action combinée des milieux réfringents amène sur la rétine le foyer des rayons provenant d'objets placés à la distance ordinaire de la vue distincte.

Mais les lunettes vulgairement usitées présentent un inconvénient qui résulte de l'aberration de courbure de leurs surfaces : les objets peu éloignés de l'axe visuel sont vus avec une netteté suffisante, tandis que ceux dont les rayons n'arrivent à l'œil qu'en traversant les bords de la lentille sont vus avec confusion. Cela tient à la réfraction trop grande que font éprouver à la lumière les bords de l'appareil employé.

Pour obvier à cet inconvénient des lentilles usuelles, Wollaston en a fait con

(1) *Sur l'adaptation de l'œil.* Dans *Journ. des savants*, année 1818, p. 344.

struire d'autres qu'il nomme *périscopiques* : ce sont des lentilles dont la surface dirigée vers l'œil est concave, et dont la surface tournée vers l'objet visible est convexe. Pour les presbytes, le rayon de concavité l'emporte sur celui de convexité ; la construction est inverse pour les myopes. On conçoit facilement, d'après les lois connues de la marche de la lumière dans les lentilles, qu'avec des appareils convenablement construits d'après le principe de Wollaston, on puisse détruire les effets fâcheux d'une trop grande réfraction pour les rayons périphériques.

Indépendamment de la myopie et de la presbytie, qui, à cause de leur importance, ont dû fixer notre attention d'une manière spéciale, l'appareil oculaire présente d'autres imperfections variées qu'on trouve rapportées çà et là dans les recueils scientifiques, et dépendantes de certaines irrégularités de ses surfaces réfringentes. Si les courbures de la cornée sont très manifestement différentes dans des plans passant par l'axe optique, il en résulte pour la marche de la lumière des influences que l'analyse ne peut saisir, mais qui amènent des perturbations assez grandes dans la marche des rayons pour que les images qui se peignent sur la rétine présentent des irrégularités incompatibles avec une vision nette. Un cas de ce genre a été signalé par Airy, astronome anglais. Ce savant, ne pouvant se servir de l'un de ses yeux, qui présentait une irrégularité de l'ordre de celles qui viennent d'être mentionnées, a pu y remédier par l'emploi de verres lenticulaires dont l'une des faces était sphérique et l'autre cylindrique.

Mais il ne m'appartient pas d'énumérer ici tous les faits plus ou moins analogues à celui-là, et qui d'ailleurs ne pourraient offrir qu'une importance individuelle.

Influence des petites ouvertures sur la distance de la vision distincte.

Pour terminer ce qui a trait à la distance de la vision distincte, je rappellerai une expérience bien connue, et dont le résultat ne semble point difficile à expliquer.

Si l'on place une page d'écriture à une distance plus petite que celle de la vision distincte, on sait que les caractères cessent alors d'être visibles ; mais si l'on interpose entre l'œil et l'écriture une carte percée d'un trou d'épingle, les lettres deviennent immédiatement faciles à distinguer, et l'on peut lire ce qui est tracé.

Dans cette expérience, les caractères cessent d'être nettement visibles, parce que les rayons émanés de chacun de leurs points donnent des cercles de diffusion qui se superposent dans l'image. En réduisant beaucoup l'étendue des pinceaux admis dans l'œil, on diminue assez l'effet de la diffusion des faisceaux réfractés pour que chaque point, comme dans la vision ordinaire, soit représenté par une surface d'une très petite étendue ; dès que le faisceau est assez aminci pour que la superposition des parties voisines de l'image soit nulle ou négligeable, la vision nette devient possible, et c'est en effet ce qui a lieu.

On peut, au moyen d'une chambre obscure, ajouter une preuve expérimentale à cet argument rationnel. La lentille objective présentant une grande étendue, si l'on rapproche assez l'écran pour que l'image qui s'y peint perde toute sa netteté, on obtient, en rétrécissant l'orifice du diaphragme, une image très pure, quoiqu'on n'ait pas fait varier la distance du plan sur lequel elle se forme.

Il est inutile de dire que, dans ce cas, l'image ne présente qu'une très faible intensité, ce qui provient de la grande proportion de rayons éliminés par l'interposition du diaphragme. Mais il faut noter qu'un objet rendu visible à l'aide de pareils procédés sous-tend sur la rétine un angle tel, que ses dimensions doivent

paraître plus grandes que si on l'observe à la distance ordinaire de la vision distincte.

J. Müller (1) parle d'une comparaison possible entre les dimensions de l'objet vu au moyen du diaphragme et celles de l'image confuse qui se peint directement dans l'autre œil. On comprend combien est peu rigoureuse l'appréciation d'une grandeur avec un terme de comparaison si imparfait. Il est possible d'ailleurs, comme il le pense, que l'incurvation imprimée aux rayons par la diffraction qu'ils subissent aux bords du petit orifice percé dans la carte ne soit pas étrangère à une amplification apparente.

L'ŒIL EST-IL ACHROMATIQUE?

Si l'on jugeait de la perfection de l'œil, comme appareil d'optique, par l'ensemble des impressions perçues au moyen du sens de la vue, on pourrait être amené à conclure que cet instrument est achromatique, et pourtant cette proposition ainsi formulée serait inexacte.

Un grand nombre d'expériences prouvent, en effet, que l'achromatie complète de l'œil n'existe pas. Avant de les exposer, rappelons que l'achromatisme d'un appareil lenticulaire n'existe qu'autant que tous les rayons élémentaires émanés d'un point blanc extérieur forment leur foyer en un même point : une lentille est dite *achromatique* si la distance focale pour les divers rayons élémentaires qui la traversent est la même.

Or, cette condition est-elle satisfaite dans l'œil? Nous ne le pensons pas, et, à l'appui de notre sentiment, nous citerons d'abord une expérience indiquée par Arago. Elle consiste à regarder une étoile brillante à travers un prisme tenu horizontalement, de manière que son arête soit en haut. Pour fixer les idées, nous supposons que l'étoile soit à l'horizon : si l'œil était achromatique, l'étoile étant un point radieux blanc, devrait donner dans l'œil la sensation d'un spectre linéaire dans lequel le violet serait en haut et le rouge en bas, les rayons intermédiaires étant compris entre ces deux limites extrêmes. Or, il n'en est pas ainsi : si l'on fixe le violet, il apparaît comme un point, mais le spectre va en se dilatant en une sorte de triangle jusqu'à la partie rouge ; si l'on regarde le rouge, on a dans cette teinte la sensation d'un point, et tout le reste du spectre se dilate jusqu'au violet ; enfin, quand on regarde la teinte moyenne, le vert, les deux extrémités s'étendent comme précédemment. Ce phénomène tend donc déjà à établir que l'œil n'est pas achromatique, puisque, pour un certain état de l'organe, les diverses teintes élémentaires ne se trouvent pas en même temps au foyer.

Une observation, faite et signalée pour la première fois par Fraünhofer, vient à l'appui de l'expérience d'Arago. Pour la répéter, il suffit d'examiner le fil d'araignée d'une lunette microscopique, en l'éclairant au moyen de chacun des rayons du spectre. Le fil, étant visible pour le rayon rouge, ne peut plus être aperçu si l'on fait arriver de la lumière violette, à moins que l'on fasse varier la distance de l'oculaire.

Arago cite aussi, contre l'achromatisme de l'œil, une expérience semblable à la précédente. Une lunette achromatique est dirigée sur une étoile et l'oculaire tiré à une distance convenable pour la voir avec la plus grande netteté : si l'on place entre l'œil successivement une lame de verre violet, puis une autre de verre rouge à face

(1) *Ouv. cit.*, t. II, p. 332.

planes et parallèles, on constate que, dans chacun des cas, l'oculaire n'est plus au point, et qu'il faut l'éloigner pour le rouge, le rapprocher pour le violet.

Il est permis de conclure, d'après ces faits, que l'œil manque de la propriété de faire converger en un même point les foyers des divers rayons élémentaires qui constituent la lumière blanche.

Je pourrais ajouter à ces expériences déjà si concluantes les observations faites par Lehot (1). Il a reconnu, en effet, que, si l'on dispose sur un optomètre semblable à celui qui a été décrit plus haut des fils diversement colorés, la vision distincte ne s'opère pas à la même distance pour les nuances différentes. Vallée (2) a confirmé et étendu ces résultats au moyen d'un instrument qu'il a nommé *opto-chromomètre*.

Si l'œil n'est pas doué d'un achromatisme absolu, il faut pourtant admettre que ses parties sont tellement disposées que, par des compensations incomplètes, mais suffisantes, le défaut d'achromatisme ne se manifeste pas dans les circonstances ordinaires de la vision, et qu'il faut presque toujours se mettre en dehors des conditions communes pour voir apparaître les couleurs qui en sont le résultat.

Toutes les fois que nous fixons les objets qui nous environnent, en adaptant convenablement l'œil pour la distance à laquelle ils se trouvent placés, nous percevons une image dont les bords sont dépourvus des franges irisées qui se produisent au foyer d'un appareil lenticulaire non achromatisé. Mais dirige-t-on ses yeux vers un objet, en faisant intervenir une adaptation convenable pour un point imaginaire situé en avant ou en arrière de lui, en même temps que l'image perçue est beaucoup moins nette, les phénomènes chromatiques se manifestent.

Scheiner (3), qui le premier a signalé ces phénomènes, indique les expériences suivantes comme les plus propres à les mettre en évidence.

On trace un cercle blanc sur un plan noirci qu'on place verticalement de façon à ce qu'il soit vivement éclairé. Si l'on regarde le cercle, en s'adaptant pour la distance à laquelle il se trouve, ses bords se détachent avec netteté sur le fond noir et sont dépourvus de franges; mais si, dirigeant les yeux sur ce cercle, on fait intervenir l'adaptation pour un point plus rapproché ou plus éloigné, ce qui demande une certaine habitude, la perception cesse d'être nette et en même temps les bords du cercle blanc semblent se colorer. Lorsque l'accommodation des yeux se fait pour un point virtuel plus rapproché que la distance à laquelle se trouve le champ noir, l'image confuse que l'on perçoit semble entourée de bandes colorées, violettes, bleues, jaunes et rouges; le violet constitue le cercle le plus externe et le rouge le plus interne. Quand l'adaptation est convenable pour un point plus éloigné que le plan du cercle, les mêmes couleurs se voient encore, mais elles présentent des dispositions inverses : le rouge étant extérieur et le violet plus intérieur.

On peut encore mettre en évidence le défaut d'achromatisme de l'œil, en plaçant près de la cornée un obstacle propre à intercepter les rayons qui pénètrent dans une portion de la pupille; les bandes colorées apparaissent aussitôt autour des objets extérieurs.

D'après tout ce qui précède, nous répétons qu'il est impossible d'admettre l'achromatisme complet de l'œil. Cependant on peut se rendre compte, d'une ma-

(1) *Nouvelle théorie de la vision*. Quatrième mémoire. Paris, 1828.
(2) *Ouv. cit.*
(3) *Op. cit.*

nière assez satisfaisante, de l'achromatisation des images nettes dans l'œil, en remarquant que cette propriété leur appartient seulement lorsqu'elles résultent de la rencontre des foyers exactement sur la rétine. Dans ce seul cas, les franges colorées, engendrées par la décomposition de la lumière blanche, ont une faible étendue. On conçoit que, la rétine étant placée de telle sorte que le foyer du violet soit un peu en avant de la surface et celui du rouge à une petite distance en arrière, une superposition des rayons élémentaires, dans un espace très petit, puisse donner la sensation du blanc. Aussi, dès que les foyers ne se trouvent plus exactement sur la rétine, la superposition des cercles de diffusion ne s'opère plus, et les couleurs apparaissent, comme cela s'observe dans l'expérience de Scheiner.

Vallée (1) donne de l'achromatisme des images oculaires une explication ingénieuse. Dans l'œil, suivant cet auteur, on doit distinguer deux appareils : l'un qui se compose de la cornée, de l'humeur aqueuse, du cristallin, et qui doit rapprocher le foyer à chaque réfraction, conséquemment courber les rayons en lignes convexes vers l'axe de l'œil ; l'autre, qui se compose des couches concentriques du corps vitré, et dont la propriété est de courber les rayons en lignes concaves vers le même axe. Vallée nomme le premier *appareil antérieur*, et le second *appareil postérieur*.

Dans les réfractions du premier appareil, la convergence du faisceau réfracté étant augmentée à chaque réfraction, le foyer du rouge est en avant, celui du violet en arrière, et ces deux foyers s'éloignent de plus en plus. Pour l'appareil postérieur, c'est tout le contraire : le pinceau réfracté converge de moins en moins ; le foyer violet, qui serait en avant pour chaque réfraction, si le rayon incident était un rayon blanc, se rapproche du foyer du rayon rouge, et l'écartement de ces deux foyers diminue. Conséquemment, d'après Vallée, en traversant l'œil, les rayons, par une compensation de réfrangibilité entre l'appareil antérieur et l'appareil postérieur, tendent vers l'achromatisme. Pour une certaine distance, l'œil pourrait donc être achromatique, comme le sont nos bonnes lunettes.

Assurément, si la disposition des éléments du corps vitré était celle que Vallée admet, on pourrait regarder sa théorie comme fort satisfaisante ; mais, nous le savons déjà, une pareille disposition est purement hypothétique.

Qu'il me soit permis de rappeler ici, en terminant, qu'Euler (2) admit l'achromatisme de l'œil et en fit le point de départ des recherches qui devaient amener la découverte des lois physiques de l'achromatisme et la construction des appareils achromatiques, que Newton considérait comme impossibles, en admettant une proportionnalité erronée entre le coefficient de dispersion et le coefficient de réfraction des milieux transparents.

DE LA DIRECTION SUIVANT LAQUELLE SONT VUS LES OBJETS.

Cette question, l'une des plus importantes de la théorie de la vision, a donné lieu à bien des controverses, comme la plupart des questions physiologiques qui ne peuvent être abordées que par le raisonnement sans le secours de l'expérience.

(1) *Loc. cit.*
(2) *Lettres à une princesse d'Allemagne*. Lettre 45e, trad. de Labey, t. I, p. 195.

La perception d'une impression lumineuse résulte d'une modification, d'un ébranlement des particules de la membrane sensible (*rétine*), communiqués à l'encéphale lui-même. Or, en admettant que les particules élémentaires de la rétine soient toutes orientées d'une manière déterminée, par rapport à la partie centrale qui se trouve sur le trajet de l'axe optique, il est permis de croire que toutes les fois que le même élément sera impressionné par un pinceau lumineux, amené par réfraction dans la même direction, la sensation sera la même. Nous sommes ainsi conduit à prononcer sur la direction d'un objet, d'après la modification éprouvée par un appareil immuable dans sa disposition, lorsque les rayons émanés d'un corps lumineux se présentent à l'appareil réfringent dans les mêmes conditions d'incidence.

Quant au sentiment d'extériorité des objets perçus au moyen de l'appareil de la vision, un pareil sujet, quoiqu'il ait été beaucoup discuté, me semble ici tout à fait inabordable. Que sait on, en effet, sur la nature des sensations ? Il serait tout aussi impossible d'approfondir ce point purement psychologique, que de chercher à déterminer pourquoi des rayons de telle réfraction donnent la sensation du violet, des rayons de telle autre, celle du rouge ou du jaune. Les appareils des sens, jetés entre le moi intellectuel et le monde extérieur, présentent au physiologiste un vaste sujet d'études ; mais il doit savoir s'arrêter à une certaine limite circonscrite par les données de l'anatomie et des sciences physiques, sous peine de se laisser entraîner à des idées purement spéculatives.

Pour embrasser la question de la direction de la vue dans toute sa généralité, il importe de faire observer d'abord que la rétine est disposée en surface sphérique. Chacun des rayons qui pénètre dans l'œil, en émanant des différents points d'un objet, forme un faisceau conique dont le sommet arrive sur la membrane nerveuse, et tous les cônes sont ordonnés par rapport à une ligne fictive passant par le centre optique. On peut admettre que le centre optique se confond sensiblement avec le centre de la surface sphérique de la rétine. Prenant un des éléments quelconques de la rétine, supposons un point radieux extérieur envoyant un faisceau de lumière de direction définie : si, après la réfraction, l'axe du cône, dont le sommet est à la rétine, passe par la particule supposée de cette membrane, il en résultera une sensation déterminée ; et, toutes les fois que la même particule sera ébranlée de la même manière, on aura la perception d'une direction analogue.

Il existe donc une relation tellement définie entre la direction des rayons qui arrivent à l'œil, le centre optique et l'orientation des éléments de la rétine, que l'inclinaison des rayons incidents étant la même par rapport à l'axe optique, la notion de direction qui en résultera sera pour nous constamment identique. Nous sentirons l'état d'une particule nerveuse, et, comme cet état ne peut être le même que par une condition semblable dans les agents physiques qui l'affectent, nous reporterons sur leur direction l'identité d'impression qui aura été perçue.

Plusieurs opinions ont été émises sur la direction suivant laquelle les objets extérieurs sont perçus par l'appareil de la vision. Suivant Porterfield (1), tout point extérieur est vu dans la direction d'une ligne qui, partant de son image sur la rétine, passe par le centre de la surface sphérique de cette membrane.

(1) *A treatise on the eyes, the manner and phenomena of vision*. Edinburgh, 1759, t. I.

Rob. Smith (1) admet que la direction du regard se confond avec l'axe du cône lumineux qui, partant de l'objet, a son sommet sur la rétine même.

D'Alembert, ayant soumis ces deux hypothèses à l'épreuve du calcul, d'après les données fort incomplètes qu'il possédait sur les courbures des milieux réfringents de l'œil et sur les indices de réfraction de ces substances transparentes, arriva à conclure que la grandeur apparente des objets était très différente, suivant que l'on adoptait l'une ou l'autre de ces deux manières d'interpréter la direction de la vue. Cette déduction analytique le porta à les rejeter toutes deux, et à proposer une opinion nouvelle. D'après cet illustre géomètre, l'œil voit toujours les différents points d'un objet dans la direction de chacune des lignes droites passant par tous les points de l'objet et la représentation de chacun de ces points sur la membrane nerveuse.

Mais la théorie de d'Alembert ne s'appuie, comme il l'avoue lui-même, sur aucune raison probante : je ne fais donc que la mentionner.

D'ailleurs, Brewster (2) a soumis de nouveau au calcul les trois opinions précédentes. Cette étude, faite avec la connaissance approfondie des données physiques qui manquaient au géomètre français, lui a prouvé que ces trois lignes représentant la direction de la vue sont à une si faible distance les unes des autres, que, « avec une inclinaison de 30°, une ligne, perpendiculaire à la rétine au point impressionné passe par le centre de l'œil, et ne diffère pas de la vraie direction de la vision de plus d'un demi-degré, déviation trop petite pour porter préjudice à la vision en ligne droite de l'objet. »

Brewster arrive, en dernière analyse, à un résultat dont l'énoncé diffère un peu de celui du principe que nous avons reconnu, mais qui néanmoins s'en rapproche assez par le fond, pour que nous puissions aussi l'admettre. « Comme le globe de l'œil, dit-il, est à peu près sphérique, toutes les lignes qui sont perpendiculaires à la rétine passent par un même point, c'est-à-dire par le centre de la surface de la rétine. A cause de cela, ce point peut s'appeler le centre des rayons visuels, car chaque point de l'objet est vu dans la direction d'une ligne qui joint ce centre et le point regardé. »

A la question de la direction de la vue se rattache, d'une manière immédiate, la solution d'un des problèmes les plus délicats de la vision : je veux parler de la propriété remarquable que possède l'œil d'assigner aux objets la position qu'ils présentent réellement comme l'indique le sens du toucher, bien que l'image peinte sur la rétine soit renversée en réalité.

Vue droite avec des images renversées.

Parmi les diverses opinions proposées pour rendre compte de la vue droite avec des images renversées, celle de Lecat (3), qui subordonne les notions acquises par le sens de la vue aux notions que donne le toucher, a compté un assez grand nombre de partisans.

« Comment, dit cet auteur, l'âme rapporte-t-elle au bas de l'objet la sensation qu'elle reçoit au haut du fond de l'œil, et à droite l'impression qu'elle reçoit

(1) *Complete system of optics*. Cambridge, 1738, t. II.
(2) *Biblioth. univ. de Genève.*
(3) *Œuvres physiologiques*, t. II, p. 417. Paris. 1767.

gauche? Le grand maître que l'âme a suivi dans cette réforme est le sentiment du toucher. Cette seule sensation est le juge compétent, le juge souverain de la situation des corps; c'est ce maître, qui le premier nous a dit que nous marchions debout, et qui, sur cette première règle, nous a donné la véritable idée de la situation des autres corps. L'âme a été convaincue par les démonstrations de ce sens; car elles sont sans réplique, et elle sait d'ailleurs que les yeux sont en cela fort trompeurs; elle a donc dit : Puisque cet homme, que mes mains et la propre situation de mon corps m'ont démontré être debout, m'envoie dans l'œil une image renversée, dorénavant je jugerai droits tous les objets qui se peindront renversés dans l'œil, et je jugerai renversés tous ceux qui s'y peindront droits; le jugement de raisonnement a été bientôt suivi du jugement d'habitude, et l'habitude une fois établie, c'est une énigme à deviner que la façon dont l'âme peut voir, c'est-à-dire juger les objets droits, quoiqu'ils soient renversés dans l'œil. »

Assurément, s'il y avait besoin d'une rectification des impressions produites par le sens de la vue, le toucher pourrait intervenir et donner, sur la véritable position des objets, des notions certaines en les rapportant à la direction des diverses parties du corps. Mais, pour faire intervenir ce sens comme un régulateur des impressions visuelles, il faudrait d'abord savoir si les relations qui existent entre les différents points d'un objet éclairé et les particules de la rétine qu'ils affectent ne sont pas les seules qui donnent à l'intelligence la notion réelle sur la position de l'objet. Je développerai bientôt cette proposition. Disons toutefois, dès à présent, que la théorie de Lecat ne paraît guère soutenable, puisque, basée sur le raisonnement seul, elle n'est appuyée d'aucune expérience, et que de plus les observations ayant cours dans la science, d'aveugles-nés qui ont recouvré la vue, lui sont tout à fait contraires. Jamais il n'a été fait mention des illusions auxquelles aurait dû donner lieu le prétendu renversement des impressions visuelles, ni de l'éducation spéciale à laquelle ces individus auraient dû se soumettre pour les rectifier.

J. Müller (1) et Volkmann (2) admettent une opinion que beaucoup de physiologistes partagent avec eux. D'après ces auteurs, nous ne jugeons de la position des objets que par la relation qu'ils présentent avec les corps qui les environnent; peu importe qu'ils soient droits ou renversés, si tous offrent les mêmes rapports dans la représentation oculaire.

Rien ne peut être renversé, a-t-on dit, quand rien n'est droit, car les deux idées n'existent que par opposition.

Une pareille manière de raisonner est spécieuse, et le succès de cette théorie le prouve assez. Cependant je ne la crois point exacte. Le terme de comparaison, qu'on suppose ne pas exister, manque en effet dans la représentation des objets extérieurs qui se fait sur la rétine; mais nous n'en avons pas moins le sentiment de la position que nous occupons, par une foule de conditions physiques auxquelles nous sommes assujettis. C'est par rapport à nos organes mêmes, et non pas seulement d'après les parties diverses des images peintes sur la rétine, que nous jugeons de leur position. Si la théorie précédente était vraie, il faudrait admettre que, s'il était un instant possible de supposer que les images renversées dans notre œil devinssent droites, nous n'en aurions pas la perception, puisque, dans ce cas comme dans le précédent, toutes les parties de l'image se trouveraient les unes par rapport

(1) *Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes des Menschen und der Thiere*, etc. Leipzig, 1826.
(2) *Neue Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes*, 1836.

aux autres ordonnées de la même manière. Mais il n'en est point ainsi; car, si l'on regarde des objets terrestres dans une lunette astronomique, en ayant soin d'empêcher toute image directe de pénétrer dans l'œil, quoique les parties de tout ce qu'on voit se trouvent dans le même rapport, on aura la sensation d'objets renversés; et cette sensation naîtra, non pas de termes de comparaison pris dans les perceptions oculaires, comme le voudraient les physiologistes que j'ai cités, mais dans ces conditions de position de tout notre organisme auxquelles je fais allusion.

Lamé (1) présente, sur la vision droite au moyen des images renversées, une théorie ingénieuse. « L'image d'un objet sur la rétine est, dit-il, évidemment renversée par rapport à la position de l'objet lui-même. Nous jugeons cet objet droit par la conscience des différents mouvements que nous sommes obligés d'imprimer aux axes optiques de nos yeux, pour regarder successivement les différentes parties de cet objet, en les abaissant de son sommet à sa partie inférieure. »

On voit que, dans l'opinion de ce physicien, ce serait en procédant d'une façon analogue au sens du toucher que nous parviendrions à acquérir sur la véritable position des objets des notions exactes. Mais on peut reconnaître aussi que cette hypothèse est insuffisante. Sans doute, si le seul point de l'image, qui se trouve dans la direction de l'axe optique, pouvait être vu à un moment donné et s'il fallait, pour avoir la notion des objets environnants, imprimer au globe oculaire des mouvements tels que chacun de leurs points vinssent successivement occuper cette partie de la rétine, l'interprétation de Lamé devrait entraîner la conviction. Mais en est-il réellement ainsi? Nous ne le croyons pas et l'expérience de tous les instants le démontre. Assurément, dans la représentation des objets extérieurs sur la rétine, il n'y a qu'une portion excessivement restreinte de l'image, celle qui se trouve dans la direction de l'axe optique, qui se peint avec netteté; mais il n'en est pas moins vrai que toutes les parties du champ de la vision, c'est-à-dire toute la portion de la rétine affectée, donnent une notion plus vague, mais certainement suffisante, sur la position des objets environnants.

On ne peut, pour interpréter les relations des images avec les perceptions, faire intervenir, dans la majorité des cas, le mouvement des muscles oculaires, puisque les rapports des diverses parties de l'image sont saisis, bien que l'œil conserve une immobilité complète.

Les notions sur la direction de la vue précédemment exposées me paraissent devoir conduire à la seule explication satisfaisante du phénomène qui nous occupe.

Il faut considérer la surface sphérique concave de la rétine comme formée par une mosaïque dans laquelle chaque particule élémentaire est une sorte d'œil affecté à la perception des diverses impressions lumineuses suivant une direction déterminée. Tout pinceau de lumière émané d'un point radieux, qui formera un cône ayant son sommet sur cet élément et son axe normal en ce lieu de la rétine, sera senti, comme je l'ai dit, dans la direction de la ligne joignant le centre de la surface sphérique au point regardé. Si l'on raisonne ainsi, pour un second point radieux, puis enfin pour tous ceux qui constituent l'ensemble d'un objet visible, il est évident que la perception de chacune des parties se faisant dans la direction réelle, celle de tout l'ensemble se trouvera dans les mêmes circonstances par rapport à l'individu.

C'est donc dans l'ordonnation des éléments de la rétine sur une *surface concave*

(1) *Cours de physique*, t. II, p. 245.

dans la perception en quelque sorte individuelle pour chacune de ces particules, que me semble résider réellement la propriété remarquable dont jouit l'œil de juger avec exactitude de la véritable situation des objets.

Cette interprétation aurait sans doute besoin de preuves expérimentales qui lui manqueront probablement toujours. Toutefois, on sera d'autant moins éloigné de l'adopter qu'on voudra bien embrasser cette idée, que l'image formée sur la rétine n'est pas vue comme un ensemble tout fait, mais que chacun des points concourant à sa formation impressionne isolément l'appareil nerveux. Tout le problème, ramené à cette considération, se réduit à la solution de cette question : Est-il possible qu'un point lumineux extérieur soit senti dans l'œil suivant la direction qu'il occupe par rapport à nous ?

DE LA VISION AVEC LES DEUX YEUX.

Les phénomènes visuels viennent d'être étudiés indépendamment du concours des deux yeux. Il s'agit maintenant de tenir compte de l'action simultanée de ces organes et des résultats auxquels elle donne lieu : malheureusement, cette partie si intéressante de la physiologie optique est encore trop peu avancée pour donner la solution de tous les problèmes qu'elle renferme.

De la vue simple ou double au moyen des deux yeux.

Malgré la formation de deux images dans les deux yeux d'après les principes déjà énoncés, il est incontestable que, dans les circonstances normales, on voit simples les objets qu'elles représentent : cherchons à apprécier les conditions dans lesquelles ce phénomène se manifeste.

Un objet extérieur est vu simple, au moyen des deux yeux, toutes les fois qu'il occupe le sommet de l'angle que les axes optiques forment en se croisant. Quand l'objet est situé à une distance infinie, ce point de croisement est aussi à l'infini ; c'est-à-dire que ces lignes sont sensiblement parallèles. Plus la distance diminue, plus l'angle des axes optiques devient grand.

Dans les conditions ordinaires de la vue, un objet lumineux étant situé en *a* (fig. 19) sera vu simple lorsque l'axe de l'œil *o* aura la direction *oa*, et celui de l'œil *o′* la direction *o′a;* c'est-à-dire que l'objet paraîtra unique, s'il se trouve placé au point d'intersection des deux axes optiques.

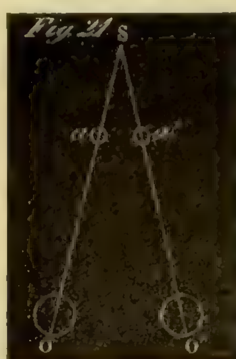


Cette direction des axes des deux yeux est nécessaire à la manifestation du phénomène ; car, si l'on vient à changer celle d'un œil, en déplaçant cet organe par une pression exercée au moyen du doigt, l'objet semble se doubler, deux images apparaissent, qui s'écartent d'autant plus l'une de l'autre que le déplacement qu'on fait subir à l'un des yeux est plus considérable.

La position des axes optiques joue un rôle si important dans la perception simple au moyen des deux yeux, que deux objets semblables, placés dans la direction des axes convergents vers un certain point, donnent la sensation d'un objet unique dont la position est rapportée par l'observateur au sommet de l'angle de convergence.

C'est ce qui a lieu pour les deux yeux OO′ (fig. 20, 21) dont les axes se coupent au point S. Si on leur présente deux objets semblables *aa*, que ceux-ci soient identiquement placés dans la direction des axes optiques, en deçà ou au delà de leur point de croisement, l'observateur verra un seul objet *a* qui lui semblera situé au point S.





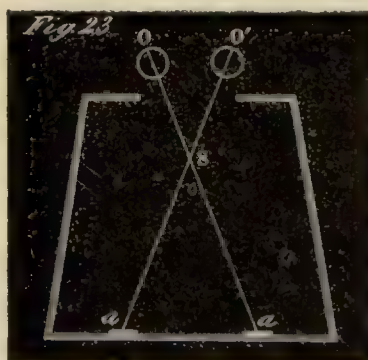
On peut remarquer que, suivant la position des objets en avant ou en arrière du point de convergence des axes, les rayons donnant lieu aux images, dans chacun des yeux, émaneront de points différents. Si les objets semblables *a* sont situés en deçà de S, l'objet de droite sera vu par l'œil droit, celui de gauche par l'œil gauche. Lorsqu'ils sont placés au delà du sommet de l'angle des axes, l'objet de droite est vu par l'œil gauche, celui de gauche par l'œil droit.

On conçoit qu'il faille une certaine habitude d'imprimer aux yeux des directions bien définies, et jusqu'à un certain point contraires à celles qui servent ordinairement à la vue, pour que ces expériences soient suivies de succès.

Wheatstone (1), à qui elles sont dues, indique le procédé suivant comme propre à rendre leur réussite indépendante de l'habileté de l'observateur.

Veut-on obtenir la convergence des axes au delà des deux objets semblables présentés aux yeux, on se sert de deux cylindres creux, mobiles dans le même plan (fig. 22), et auxquels il est possible de donner une direction telle que leurs axes se coupent en un point déterminé.





Les objets *a* étant dans la direction de ces lignes, on place les yeux en OO′, et ils reçoivent ainsi la situation nécessaire à la perception d'un objet unique rapporté au sommet S.

Pour faciliter le croisement des axes optiques en avant des objets, Wheatstone se sert d'une caisse (fig. 23) percée d'une ouverture devant laquelle les yeux devront être placés : en un point S, qui est le sommet de l'angle de convergence dont la distance aux yeux peut être variable, il fixe une aiguille très déliée; en *aa*, dans la direction des axes optiques et derrière le lieu de croisement, sont les objets identiques. Les deux yeux étant dirigés vers S, on perçoit une seule image de *a* en ce point.

Ces preuves de la relation qui existe entre la direction des axes optiques et la vision simple des objets, sont du plus haut intérêt pour la question qui nous occupe.

Lorsque la vision s'opère avec les deux yeux, l'ensemble des objets perçus et qui constituent le champ de la vision pour chacun des yeux, paraît également simple. Une partie très restreinte se trouve évidemment au sommet de l'angle d

(1) *Ann. de chim. et de phys.*, 3ᵉ sér., t. II.

convergence des axes optiques : c'est celle qui est vue avec le plus de netteté. On a cherché dans quelles conditions toutes les autres portions visibles doivent se trouver placées pour qu'elles apparaissent simples.

C'est ici qu'il importe de définir ce que plusieurs physiciens et physiologistes ont désigné sous le nom d'*horoptre*.

Suivant Agulonius (1), c'est une ligne passant par le sommet de l'angle de convergence des axes optiques et parallèle à la ligne droite qui unit les centres des deux yeux. Le plan de l'horoptre passe par la ligne que nous avons définie, et est perpendiculaire à la bissectrice de l'angle des axes. Agulonius admet, et cette théorie est adoptée par Porterfield (2), que tous les objets, vus au moyen des deux yeux simultanément, paraissent dans le plan de l'horoptre. Il en déduit que tous ceux qui sont situés dans le plan de l'horoptre doivent paraître simples, puisque c'est dans ce plan seulement que se trouvent les points d'intersection des lignes de la direction suivant laquelle se voit un point quelconque d'un objet.

D'après cette théorie, un objet placé hors du plan de l'horoptre ne sera donc jamais perçu simple, puisque, dans ce cas, le lieu de l'intersection des lignes de la direction visuelle sera nécessairement situé au delà ou en deçà de ce plan.

L'opinion précédente est complétement réfutée par les expériences déjà citées de Wheatstone. Ces expériences ne démontrent-elles pas, en effet, que des objets convenablement disposés par rapport aux axes visuels peuvent paraître simples lors de la rencontre de ces derniers, bien qu'ils soient situés en avant ou en arrière du plan de l'horoptre?

Quoique la plupart des physiologistes modernes se soient abstenus de donner une explication de la vision simple au moyen des deux yeux, plusieurs ont indiqué une condition, suivant eux, indispensable à la production d'un pareil phénomène. Ils ont considéré chaque rétine comme composée d'un même nombre d'éléments sensibles, groupés de la même manière par rapport à l'axe optique : ces particules nerveuses ont un rapport tel avec le *sensorium*, que si deux ou plusieurs particules correspondantes de chacune des rétines sont ébranlées en même temps, il en résultera une impression unique.

Pour déterminer quelles sont les portions de la rétine qui se correspondent, on peut avoir recours à des sensations subjectives, comme celles qu'on provoque en exerçant, sur le globe de l'œil recouvert des paupières, une pression légère au moyen des doigts.

Supposons que l'on presse ainsi normalement l'angle interne de chacun des yeux, cette action mécanique déterminera l'ébranlement des portions externes des deux rétines, et l'on aura la sensation de deux surfaces circulaires faiblement lumineuses. En comprimant, de dehors en dedans, les angles externes des yeux, on ébranlera à leur tour les éléments de la portion interne de chaque rétine, et deux impressions distinctes, analogues aux précédentes, mais senties dans des positions différentes, seront perçues simultanément. La dualité des impressions sera également manifeste quand on comprimera la partie supérieure d'un œil et la portion inférieure de l'autre. Dans ce cas, les éléments ébranlés de la rétine occupent, les premiers la partie inférieure de la membrane sensible, les seconds sa partie supérieure.

(1) *Optica*. Antwerp., 1613, in-fol.
(2) *Ouv. cit.*

On peut induire de ces expériences, fort simples et faciles à répéter, que ces éléments des rétines ne se correspondent pas, puisque toutes les fois qu'on les a ébranlés en même temps, il en est résulté une sensation particulière pour chaque œil.

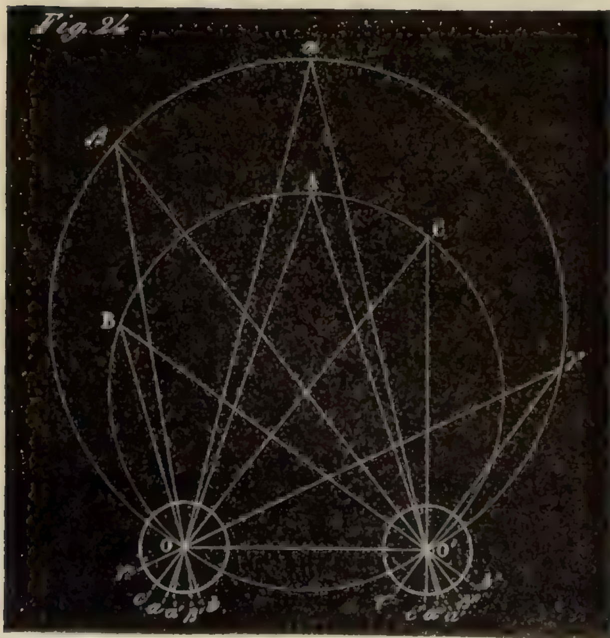
Le même procédé peut être mis en usage pour rechercher les portions de la rétine qui se correspondent par leurs relations avec le *sensorium*. Que l'on exerce une pression sur l'angle interne de l'un des yeux et sur l'angle externe de l'autre, il est toujours facile de diriger l'action mécanique de manière que les deux cercles lumineux semblent se superposer complétement, et qu'il en naisse une sensation unique. Le même phénomène surviendra si l'on comprime en même temps la partie supérieure ou la partie inférieure des deux yeux.

Il est donc permis de conclure que les éléments des deux rétines sont situés, dans chacun des yeux, de manière que ceux de la portion droite de l'œil droit sont correspondants à ceux de la portion droite de l'œil gauche, et que les éléments de la portion gauche de l'œil droit sont identiques avec ceux de la portion gauche de l'œil gauche. Il y a une correspondance analogue entre les éléments de la partie inférieure et de la partie supérieure de la surface sensible des deux yeux.

Pour définir avec plus de précision la position qu'occupent, dans les deux yeux, les éléments correspondants des rétines, on peut encore dire, avec J. Müller (1), en assimilant la surface de la membrane sensible à un ellipsoïde dont le pôle occuperait le point traversé par l'axe optique, que, sur une coupe de la rétine, les points correspondants se trouvent toujours situés sur le même méridien et sur le même parallèle.

La position des points correspondants des rétines étant connue, on admet que dans la vision avec les deux yeux, les images d'un objet donneront une sensation unique dans les cas seulement où elles viendront se peindre sur des éléments identiques.

C'est ainsi (fig. 24) que, pour deux yeux O, O', un objet de petite dimensio[n] situé en A, c'est-à-dire au poin[t] d'intersection des axes, donner[a] deux images en a, a', qui, affec[-] tant des points correspondants, s[e] confondront dans le *sensorium* e[n] une perception unique.



Mais les yeux étant fixés en [A] on ne voit pas immédiateme[nt] quelle devra être la position d[es] points B et C, par rapport à c[es] organes, pour que les images b, b' d'un côté, les images c, c', d'[un] autre, affectent des éléments co[r]respondants.

La théorie de la synesthésie d[es] éléments de la rétine ayant nombreux et savants partisans [en] Allemagne, quelques uns ont cherché à déterminer la courbure de la ligne s[...]

(1) *Ouv. cit.*, t. II, p. 367.

laquelle les objets paraissent uniques, les axes optiques étant dirigés vers un point déterminé.

Si l'on fait passer une circonférence par le point de convergence des axes optiques et par les centres des deux yeux, tous les points B, C, etc., qui appartiendront à cette courbe seront vus simples, d'après l'hypothèse dont il s'agit. On peut le prouver par l'examen de la figure 24. En effet, l'angle BOA = BO'A; on a aussi bOa = BOA et $b'O'a'$ = BO'A; donc $bOa = b'O'a'$. On démontrerait de même que $cOa = c'O'a'$; donc les points b, b', et c, c' sont ce que, d'après une définition émise plus haut, on peut nommer des points correspondants des deux rétines; donc aussi, en partant du même principe, on est conduit à admettre que tous les objets situés sur une circonférence passant par trois points donnés, les deux centres oculaires et le lieu d'intersection des axes, sont les seuls qui, à un instant donné, seront vus simples au moyen des deux yeux.

Wheatstone fait remarquer deux propriétés singulières du cercle présentant les conditions indiquées. On voit d'abord que l'arc compris entre deux points de la circonférence renferme un nombre de degrés double de celui qui intercepte son image sur la rétine : ce fait résulte de ce que les angles cOa et $c'O'a'$, bOa et $b'O'a'$ sont au centre, tandis que COA et CO'A, BOA et BO'A ont leur sommet sur la circonférence d'un cercle. La seconde propriété consiste en ce que les axes optiques peuvent se rencontrer en un point quelconque de cette circonférence, en formant toujours le même angle. Il est évident, en effet, que tous les angles OBA', OAO', OCO' ont la même mesure.

La théorie que je viens d'exposer, telle qu'elle a été admise jusqu'ici, indique, pour condition indispensable de la vision unique avec les deux yeux, la formation de deux images parfaitement identiques sur les deux rétines. Il me reste à démontrer que cette condition ne peut être admise d'une manière absolue, et que, dans plusieurs cas, une sensation simple, mais d'une nature toute spéciale, est possible avec deux images dissemblables.

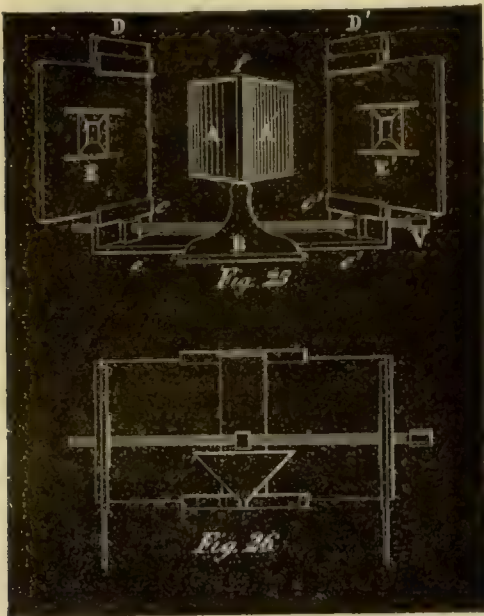
Toutes les preuves qui viennent à l'appui de cette dernière proposition sont fournies par le travail de Wheatstone, l'un des plus importants qui aient été faits dans ces dernières années sur la théorie de la vision.

On peut aisément reconnaître que, dans la vision des objets à trois dimensions, les images perçues avec chaque œil sont différentes : il en résulte, pour le *sensorium*, la perception de la solidité ou du relief. C'est en partant de cette observation que Wheatstone a prouvé que deux images planes, présentées dans la direction des axes optiques, et représentant les projections d'un objet solide supposé placé au point d'intersection des axes pour chacun des yeux, donnent précisément la sensation du solide dont elles sont les figures. Nous ne dirons donc pas, nous éloignant ici quelque peu de l'opinion du physicien anglais, que ces deux images dissemblables font naître une impression simple, mais qu'elles sont l'origine d'une sensation complexe, bien qu'indéfinissable, celle de la solidité.

L'appareil imaginé par Wheatstone, pour fournir plus facilement aux yeux les apparences qui viennent d'être mentionnées, est désigné sous le nom de *stéréoscope*, nom qui rappelle la propriété dont il jouit de donner la représentation des solides.

Les fig. 25 et 26 représentent cet appareil : la première en est l'élévation, la seconde le plan ; AA' sont *deux miroirs*-plans, d'environ 4 pouces carrés, placés dans des cadres de manière que leurs faces de derrière présentent un angle de 90°.

A leur rencontre, ils sont assujettis sur un même pied B, vers le milieu d'une planchette verticale, échancrée de chaque côté pour que les yeux, placés immédiatement en avant, aperçoivent facilement ces miroirs. DD′ sont deux caisses verticales qui reposent sur deux tiroirs cc′ glissant l'un vers l'autre, de manière qu'elles peuvent être placées à différentes distances des miroirs. Dans la plupart des expériences qui suivent, il est nécessaire que chaque caisse se trouve à la même distance du tiroir opposé. Pour atteindre ce but, l'auteur a employé une vis *v* dont le filet est incliné d'un côté à droite, et de l'autre à gauche; ses extrémités s'engagent à travers les écrous *ee′* placés à la partie inférieure des caisses DD′ : de cette façon, quand on tourne la tête de la vis dans un sens, les caisses se rapprochent; elles s'éloignent quand on la tourne en sens contraire. Ainsi, les deux caisses sont toujours également distantes de la ligne médiane F. EE′ sont deux châssis qui vont et viennent dans les coulisses pratiquées contre les caisses; on y assujettit les dessins de telle sorte que les lignes horizontales correspondantes se trouvent dans un même plan de niveau.



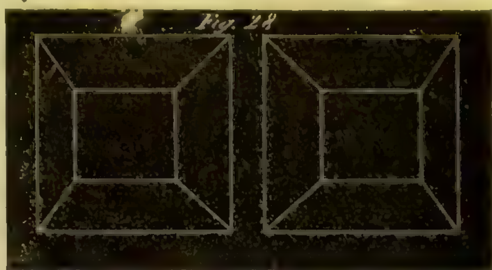
L'observateur doit placer les yeux aussi près que possible des miroirs, l'œil droit devant le miroir de droite, l'œil gauche devant celui de gauche. Alors il fait mouvoir, en avant ou en arrière, les deux châssis EE′, jusqu'à ce que les rayons réfléchis coïncident avec les axes optiques, et donnent une image dont la grandeur apparente s'accorde avec les dessins. Cette coïncidence des rayons réfléchis aura déjà lieu, à la vérité, lorsque les châssis oscilleront, de part et d'autre, de leur position, et, conséquemment, lorsque les dessins seront vus sous un angle optique différent. Mais il n'y a qu'une seule position des dessins où l'on ne distingue, au moyen de leurs deux images réfléchies, qu'un seul objet de la vraie grandeur qu'il doit avoir, et sans que les yeux fassent d'efforts. Alors les deux images sont sur les rétines dans le rapport de grandeur habituelle, les axes optiques ont juste l'inclinaison qui convient, et les yeux se trouvent ajustés, comme ils en ont l'habitude, pour la vision distincte à cette distance.

Si les dessins sont tous faits de telle sorte qu'ils conviennent seulement au cas où les axes optiques se coupent à une distance de 6 ou 8 pouces, l'instrument se simplifie en tant que les deux caisses DD′ sont maintenues à une distance déterminée des miroirs sans avoir recours à la vis *v*. On peut aussi ôter les châssis, et faire mouvoir les figures dans les coulisses pratiquées aux caisses.

Lorsque, au moyen de cet appareil, on fixe dans de pareilles conditions deux dessins réfléchis par les miroirs, de façon que les images se trouvent placées dans la direction des axes optiques, il en résulte une sensation toute spéciale que je vais faire connaître. Si les dessins, présentés aux yeux, sont les projections différentes d'un solide telles qu'elles seraient vues par chacun des yeux, en supposant le corps placé au sommet de l'angle des axes, l'observateur aura, ce qui est bien digne d'intérêt, précisément la sensation que fait naître en lui un objet à trois dimensions.

C'est ainsi que les images de la fig. 27 donneront, dans le stéréoscope, la sensation d'un *cube;* celles de la fig. 28, la sensation d'une pyramide quadrangulaire à sommet tronqué, etc.





Mais je ne puis indiquer ici toutes les expériences intéressantes faites au moyen de l'appareil de Wheatstone; elles nous éloigneraient de notre but principal.

Qu'il nous suffise de faire remarquer que, suivant plusieurs physiologistes, elles portent une atteinte grave à la théorie des points identiques. Nous croyons cette conclusion peu rigoureuse, car il faudrait démontrer d'abord que la perception de la solidité, du relief, est une sensation simple. Or, toutes les conditions nécessaires à sa génération indiquent qu'il n'en est point ainsi : nous continuerons donc à dire que deux images semblables, peintes dans les deux yeux sur des éléments correspondants, sont seules capables de donner une impression unique, impression identique dans la vue avec les deux yeux ou avec un seul œil. Deux images plus ou moins dissemblables, mais représentant les projections, dans chacun des organes visuels, d'un même solide supposé au point d'intersection des axes, impressionnent d'une telle manière les éléments groupés sur la rétine autour de l'axe visuel, que, par un mystère de notre organisation inconnu comme tous les phénomènes primitifs sensoriaux, il en résulte la sensation de relief. Et qu'on le remarque bien, car on ne saurait trop insister sur un pareil point, cette dernière sensation naît exclusivement de cet ensemble de conditions différentes de celles qui amènent la vue simple au moyen des deux yeux.

On vient d'apprécier les conditions dans lesquelles doivent se trouver placés les objets pour qu'ils apparaissent simples dans la vision au moyen des deux yeux. Il résulte, des faits précédemment exposés, que, dans l'ensemble des corps qui frappent nos regards, quand l'espace qui se déroule devant nos yeux est un peu étendu, il n'en est qu'un certain nombre qui satisfont, à un moment donné, à ces conditions de vision unique, les autres ne tombant pas sur des éléments correspondants des deux rétines. On peut s'expliquer néanmoins pourquoi le fait de la duplication de ces images ne nous frappe pas : en effet, les deux yeux se dirigeant vers l'objet qui attire l'attention, l'image de ce dernier se peint, pour chacun d'eux, précisément dans la direction de l'axe optique, c'est-à-dire sur la portion de la rétine douée de la plus exquise sensibilité ; tout le reste du tableau ébranle des éléments dont les propriétés sensoriales sont assez obtuses pour que l'encéphale ne discerne pas si l'impression qui en résulte est simple ou multiple.

C'est là ce qui se passe dans les circonstances ordinaires de la vision. Mais on constate facilement, en prêtant attention à la sensation qu'on éprouve, que, si les regards embrassent une série d'objets situés à des distances très différentes entre elles, on voit simples, au moyen des deux yeux, seulement les objets sur lesquels

les axes oculaires convergent, et qui sont placés sur une même courbe de vision simple.

Dans toutes les circonstances où les forces musculaires, nécessaires pour imprimer aux yeux des directions bien déterminées, ne sont plus complétement sous l'empire de la volonté, la vision au moyen des deux yeux cesse d'être simple. Comment en serait-il autrement, lorsque l'appareil moteur oculaire est inapte à amener les images semblables, formées par les appareils réfringents de chacun des yeux, sur des éléments correspondants des deux rétines? Aussi observe-t-on la vue double dans la plupart des cas où le centre encéphalique est le siége d'une affection grave, les ordres de la volonté ne se transmettant plus alors que d'une manière imparfaite aux organes musculaires chargés de les accomplir : c'est encore ce qu'on observe lorsque certains agents toxiques, dont l'influence s'exerce spécialement sur l'encéphale, viennent à être introduits dans l'économie.

De la prépondérance successive de l'un des appareils visuels dans quelques cas particuliers. — Il est plusieurs faits, se rattachant à la vue simple au moyen des deux yeux, que je ne puis omettre de mentionner : je veux parler d'une sorte de lutte qui s'établit parfois entre chacun des appareils visuels, lutte en vertu de laquelle l'impression produite sur l'un d'eux cesse de parvenir jusqu'au sensorium.

Il importe, pour mettre cette vérité hors de toute contestation, de citer quelques expériences intéressantes dont plusieurs remontent à une époque déjà assez éloignée.

Parmi ces expériences, il en est qui peuvent êtres faites au moyen du *stéréoscope* dont j'ai donné précédemment la description. On trace, sur deux papiers blancs, deux circonférences de même rayon, et, dans le cercle qu'elles limitent, on inscrit deux lettres différentes, mais de même grandeur, un A et un R par exemple. En observant ces deux images convenablement disposées dans l'appareil, on constate qu'il est très difficile de voir simultanément les deux lettres superposées. Une seule d'entre elles est d'abord vue nettement, l'autre n'apparaît pas, mais bientôt celle que l'on voyait semble se briser, puis elle disparaît au moment où la seconde se montre au contraire avec netteté. Ces alternatives se reproduisent plusieurs fois, si l'on donne à l'expérience une certaine durée. On n'a la sensation d'un cercle unique, contenant les deux lettres superposées, qu'après un laps de temps plus ou moins long suivant les observateurs : elle n'a jamais lieu d'après Wheatstone.

Ces alternatives de prépondérance de l'un des yeux sur l'autre sont d'autant plus singulières que, lorsqu'on présente tantôt à l'œil droit, tantôt à l'œil gauche agissant seul, chacune des images, celles-ci sont nettement visibles pendant un temps quelconque sans que jamais elles disparaissent.

Voici d'autres expériences qui mettent encore mieux dans tout son jour le phénomène dont il s'agit : la première idée en paraît appartenir à Dutour (1). Elle consistent à impressionner simultanément chaque rétine par des rayons lumineux de deux couleurs différentes. On peut, pour arriver à ce but, ou bien regarder une surface blanche en plaçant devant chaque œil un verre de teinte différente, ou bien peindre sur deux cartons deux cercles égaux de couleurs dissemblables, et l[e]

(1) *Collect. des savants étrangers*, t. III, p. 514, et t. IV, p. 241.

observer dans le stéréoscope; c'est ce que Wheatstone a fait récemment. Haldat, il y a quelques années, s'est servi d'un procédé analogue, mais beaucoup moins commode pour expérimenter.

Les résultats obtenus sont nécessairement les mêmes dans ces divers modes d'expérimentation, c'est-à-dire que les deux champs visuels sont simultanément ébranlés par des rayons colorés de deux teintes dissemblables.

Supposons que l'on place devant l'un des yeux un verre bleu, et devant l'autre un verre jaune, et qu'on regarde, pendant un certain temps, un papier blanc fortement éclairé, si l'expérience est suffisamment prolongée, dans les premiers moments une seule des impressions est perçue à la fois, alternativement le champ visuel est bleu ou jaune : les deux yeux n'agissent donc pas simultanément, mais l'impression faite sur chacune des rétines est successivement perçue par l'encéphale. Enfin, il arrive un moment où les deux impressions finissent par se confondre, et il en résulte une sensation mixte qui bientôt est remplacée par les alternatives qui viennent d'être signalées.

Voelcker (1) a fait cette remarque intéressante, que souvent la superposition des impressions différentes n'a pas lieu d'une manière uniforme dans tout le champ de la vision : alors celle des teintes qui prédomine semble parsemée de taches offrant la couleur des rayons lumineux qui affectent l'autre œil.

Wheatstone (2), dans les expériences analogues qu'il a faites au moyen du stéréoscope, ne mentionne pas le fait de la superposition des impressions colorées, ni celui de l'apparition des taches d'une couleur dans le champ visuel de l'œil dont l'action est dominante. Il est à croire que cet observateur n'a pas prolongé suffisamment la durée de ses expériences : c'est ce qui lui a fait admettre la succession des impressions uniques comme résultat absolu de ses recherches, et lui a fait rejeter complétement la perception d'une sensation mixte née du concours des deux couleurs différentes.

Les recherches récentes de Foucault et Jules Regnauld (3) prouvent la vérité de cette assertion. En effet, à l'aide d'expériences faites sur eux-mêmes et répétées, en leur présence, par d'autres personnes, ces observateurs ont reconnu d'abord que la composition des teintes s'opérait facilement ; mais de plus, réalisant par des dispositions convenables une expérience qui n'avait été qu'imparfaitement tentée par d'autres physiciens, ils ont démontré que, si deux faisceaux quelconques de lumière complémentaire naturelle tombent simultanément sur les portions correspondantes des deux rétines, ces faisceaux font naître la sensation de la lumière blanche par deux impressions chromatiques dans chacun des yeux.

Il est impossible de méconnaître l'intérêt qui s'attache aux faits que nous venons de faire connaître. Ils prouvent de la manière la plus évidente que, quand les deux rétines sont impressionnées simultanément par des images tout à fait dissemblables ou par des rayons de deux couleurs, plusieurs cas se présentent dans les perceptions qui en résultent. Dans les premiers temps de l'expérience, c'est tantôt l'œil droit, tantôt l'œil gauche qui l'emporte sur l'autre, et l'impression reçue par l'organe dominant est seule transmise à l'encéphale. La prépondérance de chacun des appareils visuels est successive, elle n'appartient pas à l'un des yeux à l'exclusion de

(1) *Müller's Arch.*, 1836.
(2) *Mém. cit.*
(3) Dans le journal *l'Institut*, n° 783, p. 7.

l'autre. La périodicité régulière des successions est surtout remarquable chez les sujets dont les deux yeux sont doués de la même portée.

D'après les observations des physiologistes que j'ai cités, après un temps assez long, les impressions produites par deux couleurs différentes finissent par se confondre, pour être bientôt remplacées par des alternatives semblables à celles que l'on constate au début de l'expérience. Je rappelle qu'il résulte en outre des recherches de Voelcker (1) que la superposition des impressions se fait parfois d'une manière irrégulière; le champ de celui des yeux qui perçoit nettement une des impressions semble se couvrir de taches plus ou moins étendues offrant la teinte de la couleur des rayons qui arrivent à l'œil en apparence inerte. Ce fait, un des plus importants du sujet qui nous occupe, démontre que la rétine ne jouit pas dans toute son étendue d'une égale sensibilité. Les portions correspondantes aux taches doivent être considérées comme privées en totalité ou en partie, au moment de l'expérience, de la faculté de recevoir les impressions lumineuses.

Foucault et J. Regnauld (2) ont reconnu que l'insensibilité de quelques portions des rétines n'est pas permanente, ce qui est indiqué par le déplacement et le changement d'étendue des taches; que l'on peut faire naître à volonté des taches, c'est-à-dire suspendre l'activité d'une portion de la rétine par divers moyens, et surtout en l'impressionnant par une vive lumière. La durée de l'inertie est alors généralement proportionnelle à l'intensité ou à la durée de l'ébranlement qui l'a engendrée.

Ces expériences diverses, sur la vision avec les deux yeux, semblent venir encore à l'appui de l'hypothèse qui considère les fibres nerveuses, émanées de chacun des éléments correspondants des deux rétines, comme devant se terminer au même point de l'encéphale.

Il existe un grand nombre de circonstances dans lesquelles la prépondérance de l'un des yeux se fait remarquer. Toutes les personnes qui font un usage habituel du microscope ont été frappées de ce phénomène. En effet, lorsque, laissant l'œil gauche ouvert, on examine avec l'œil droit les objets placés au foyer, on ne distingue pas les corps qui viennent se peindre dans le premier de ces organes. En général, il faut un effort spécial pour y arriver, et alors l'image perçue au moyen du microscope semble indistincte. La superposition des impressions ne se fait qu'avec quelque difficulté. Il faut noter néanmoins que, lorsqu'on présente à l'œil inactif un champ blanc ou uniformément coloré, la superposition des impressions devient plus facile, et alors l'image donnée par le microscope semble se détacher sur le fond présenté à l'autre œil. On observe encore le défaut d'activité fréquent de l'un des yeux, chez les sujets doués d'appareils visuels d'une portée très différente, chez ceux, par exemple, qui sont affectés d'un côté de myopie, et de l'autre de presbytie. Il arrive alors fréquemment que cette diversité des propriétés actives de l'un des yeux rend plus spécialement habituel l'usage de l'un de ces organes: dans ces circonstances, un œil devient de plus en plus inerte par défaut d'habitude d'adaptation, et il en résulte, même pour les mouvements de direction, une inertie telle que le strabisme de certains individus ne reconnaît pas d'autre cause.

(1) *Müller's Arch.*, 1836, p. 60.
(2) *Journal cité.*

NATURE DES IMPRESSIONS DE LA RÉTINE.

L'induction peut seule nous guider vers la solution de ce problème. C'est surtout en développant les divers sujets qui vont successivement fixer notre attention, que nous espérons arriver, sinon à une démonstration absolue, du moins à des probabilités assez nombreuses pour nous former presque une conviction.

Rappelons tout d'abord que la lumière ne paraissant résulter que d'un mouvement ondulatoire de l'éther, il est permis d'incliner à penser que la lumière impressionne la rétine en lui imprimant un ébranlement oscillatoire.

Si, en effet, les sensations lumineuses sont dues à un pareil ébranlement des éléments de cette membrane, avec intervention ultérieure de l'encéphale, il est certaines conditions inhérentes à toute espèce d'oscillations qu'on devra retrouver ici ; c'est-à-dire que les impressions faites sur la rétine auront nécessairement une certaine durée, qu'elles se transmettront dans une étendue et avec une intensité plus ou moins grandes aux particules voisines de celles qui sont le plus directement affectées.

En analysant plus loin quelques uns des phénomènes qui accompagnent les sensations visuelles, nous pourrons aisément reconnaître qu'aucune de ces conditions ne fait défaut.

TOUTES LES PARTIES DE LA RÉTINE N'ONT PAS LA MÊME SENSIBILITÉ. — EXPÉRIENCE DE MARIOTTE.

On a déjà eu la preuve que les sensations de lumière sont perçues avec d'autant moins de netteté, que les éléments impressionnés de la rétine sont situés à une plus grande distance de la portion de cette membrane traversée par l'axe optique.

Le phénomène qui va nous occuper a été observé et signalé, pour la première fois, par Mariotte (1). Il consiste dans l'insensibilité, longtemps regardée comme complète, d'une partie limitée de la rétine, qui correspond à l'insertion du nerf optique.

Le procédé le plus commode, pour vérifier l'expérience de Mariotte, est le suivant : sur un tableau noir, maintenu dans un plan vertical, on trace deux cercles blancs de 3 ou 4 centimètres de rayon ; la ligne des centres est horizontale et à la hauteur de l'œil de l'observateur, sa longueur doit être de 2 décimètres environ.

Si, fermant l'œil droit, on fixe le cercle droit avec l'œil gauche, en se tenant placé à une faible distance du tableau, on a la sensation des deux surfaces circulaires blanches sur un fond noir ; mais, si l'on s'éloigne graduellement de ce plan en conservant à l'œil la même direction, il arrive un moment où l'image de gauche disparaît complétement. On ne voit plus alors que le cercle de droite, et tout le reste du tableau paraît noir. L'observateur continue-t-il de s'éloigner, les deux images reparaissent comme dans la première position.

On connaît l'interprétation que donne Mariotte de sa curieuse découverte, interprétation qu'il fonde sur l'insensibilité absolue de la petite portion de rétine qui correspond à l'insertion du nerf optique.

Dans la précédente expérience, tant que les deux cercles se projettent, l'un sur

(1) *Nouvelle découverte touchant la vue*. Dans ses œuvres. Lahaye, 1740.

la portion centrale de la rétine, l'autre sur une partie différente de celle qui correspond à l'insertion du nerf optique, les deux images sont perçues : la première, avec une grande netteté ; la seconde, d'une manière suffisante. Mais, lorsque l'éloignement de l'observateur devient tel que, les deux images se rapprochant sans cesse, celle de gauche tombe sur la petite surface indiquée, la sensation cesse d'être perçue, et l'on ne voit plus que l'image de droite : un fond noir, c'est-à-dire n'envoyant pas de rayons lumineux, laisse la rétine dans un repos absolu.

Maintenant constatons ce qui aura lieu quand on exécutera l'expérience d'une manière différente, lorsque deux cercles noirs, par exemple, seront disposés comme précédemment sur un fond parfaitement blanc ou coloré.

A une faible distance, les deux cercles noirs sont facilement distingués ; mais, si l'observateur s'éloigne de plus en plus, il arrive à une position où le cercle, sur lequel l'axe visuel n'est pas dirigé, cesse d'être vu, et il *lui semble* percevoir, à sa place, la couleur du fond.

Ce mode d'observation est analogue au précédent : il prouve de plus que la petite portion de la rétine, que l'on désigne sous le nom de *punctum cæcum*, indifférente aux causes directes d'ébranlement, est apte à partager l'état particulier des éléments de la rétine qui sont immédiatement en rapport avec elle.

De là, il ne faudrait pourtant pas conclure, comme l'ont fait quelques auteurs, à l'insensibilité absolue du *punctum cæcum*.

Une observation de Brewster réfute cette conclusion. A l'un des cercles blancs de la première expérience est substituée une flamme d'une certaine intensité lumineuse, celle d'une bougie, par exemple. En se plaçant alors à la distance où une seule des images est visible, on perçoit encore une sensation de lumière facile à apprécier. Il résulte de ce fait que le *punctum cæcum* n'est pas réellement aveugle, mais qu'il est doué seulement d'une sensibilité obtuse. Le repos ou l'excitation peu intense de cette portion de la rétine se confond dans le *sensorium ;* mais, si l'ébranlement dépasse une certaine limite, il y a sensation lumineuse. L'expérience de Brewster ne saurait laisser aucun doute sur ce point.

Je ne crois pas devoir omettre un fait historique intéressant qui se rattache à l'expérience de Mariotte. Ayant observé que le point de la rétine, correspondant au nerf optique et dépourvu de sensibilité, est le seul de la surface interne de l'œil qui manque du pigment choroïdien, cet auteur se trouva amené à considérer la choroïde comme étant en réalité la membrane sensible de l'appareil oculaire. Une pareille opinion, qui nous paraît aujourd'hui une hérésie physiologique, familiarisés que nous sommes avec des connaissances histologiques complétement inconnues au temps de Mariotte, suscita une discussion intéressante entre lui, Pecquet et le célèbre Cl. Perrault. On pourra voir, en lisant les lettres de ces savants (1), qu'alors la question pouvait au moins rester indécise en présence d'un argumentateur aussi distingué que Mariotte, surtout si l'on veut bien tenir compte, comme j'en faisais la remarque tout à l'heure, de l'absence, à cette époque, de toutes données anatomiques positives sur la structure élémentaire de la rétine et de la choroïde.

(1) *Œuvres de Cl. Perrault*, 1627, p. 684.

DES DIFFÉRENTS PHÉNOMÈNES CONSÉCUTIFS A LA PERCEPTION DES OBJETS LUMINEUX.

Quelle que soit la nature de la modification qu'éprouve la rétine quand cette membrane vient à être impressionnée par la lumière, toujours est-il que l'action de ce fluide persiste pendant un temps plus ou moins long, et que, la sensation étant une fois produite, le retour à l'état normal ne se fait jamais brusquement.

Il importe, pour ne conserver aucun doute sur ce point, de rappeler quelques expériences très vulgaires.

Un charbon incandescent, que l'on fait mouvoir dans l'air avec rapidité, donne à l'œil la sensation lumineuse des lignes courbes qu'on lui fait parcourir. Il suffit de réfléchir à ce phénomène pour en trouver la véritable interprétation : évidemment, il est dû à ce que le corps lumineux est encore senti dans la rétine au moment où, par son mouvement de translation, il va produire une impression dans d'autres points de cette membrane.

Dans beaucoup d'autres cas, des illusions d'optique remarquables reconnaissent la même origine. Qu'il nous suffise de rappeler ici que la persistance des impressions visuelles est la cause de l'amplification apparente d'une corde ou d'une verge que l'on fait entrer en vibration ; de la disparition des rais d'une roue à laquelle on imprime un mouvement de rotation assez rapide ; de la continuité d'une veine liquide dans sa portion trouble, et d'un grand nombre d'autres apparences trompeuses sur lesquelles nous ne pouvons insister.

Dès qu'on reconnaît que l'impression produite sur la rétine a une certaine durée, on doit se demander s'il n'est pas possible de déterminer quelle est sa valeur, quelles sont ses variations suivant les diverses conditions auxquelles se trouve soumis l'agent excitateur lui-même.

Les premières expériences, sur la durée de l'impression visuelle, sont dues à D'Arcy (1) ; elles ne résolvent pas le problème, comme on peut s'en convaincre en prenant connaissance de son procédé. Utilisant le phénomène connu du charbon incandescent, cet observateur imprime, au moyen d'un mécanisme convenable, un mouvement circulaire à un point lumineux situé devant l'œil ; puis, quand la vitesse de rotation est suffisante pour qu'on perçoive une circonférence complète, il considère, comme durée de la sensation produite par une cause instantanée, le temps employé par le point incandescent à faire une de ses révolutions.

Ce moyen est évidemment imparfait, car il indique seulement que, pendant le temps d'une révolution du point incandescent, la sensation visuelle a présenté une intensité constante. Mais, là n'est pas seulement le problème, comme on le verra bientôt. L'impression, provenant d'une cause instantanée, peut avoir une durée beaucoup plus grande, si l'effet consécutif produit, d'abord très énergique, ne s'évanouit totalement que par des degrés insensibles.

Un moyen beaucoup plus exact de déterminer la durée de la persistance de l'impression visuelle sur la rétine a été indiqué et employé par Aimé.

Deux cercles de carton, de même diamètre, sont traversés par un axe autour

(1) *Mém. sur la durée de la sensation de la vue.* Dans *Mém. de l'Acad. des sciences*, 1765, p. 439.

duquel ils peuvent se mouvoir avec des vitesses égales, mais de sens opposé. L'un des cercles est percé d'un nombre considérable de petites ouvertures en forme de secteurs, placées toutes à égale distance du centre et équidistantes entre elles. L'autre cercle présente un seul de ces secteurs occupant la même position que les précédents par rapport au centre de figure.

Si un observateur, plaçant son œil à quelque distance des cercles et à la hauteur des secteurs, imprime au système un mouvement de rotation en fixant du regard à travers ces orifices, une surface blanche ou colorée fortement éclairée, plusieurs cas peuvent se présenter.

Supposons d'abord que le mouvement de rotation des cercles soit très lent l'observateur ne percevra qu'un des secteurs lumineux à la fois, et les images éclairées, aperçues successivement, se déplaceront dans le sens de la rotation du secteur unique.

Dans cette manière d'opérer, la sensation lumineuse est perçue lors de chaque coïncidence du secteur unique avec l'un de ceux tracés sur le second cercle. Le déplacement des images qui se suivent doit donc être subordonné à la direction du mouvement du secteur unique. Si une seule image est perçue à la fois, il faut en conclure que la durée de l'impression produite est plus petite que le temps employé pour deux superpositions successives des secteurs.

Mais imprime-t-on aux deux cercles un mouvement de rotation de plus en plus rapide, l'œil conservant sa même direction fixe, l'observateur reçoit à la fois la sensation de deux, trois, et enfin d'un nombre croissant de secteurs lumineux Il est évident alors que la sensation, produite par l'un des secteurs, persiste encore lorsque l'image, engendrée par la seconde et la troisième superposition des ouvertures, arrive à la surface de la rétine. Le nombre des images perçues est d'ailleurs ici indépendant de leur intensité relative, ce qui enlève à cette manière d'opérer un des plus graves défauts offerts par le procédé de D'Arcy.

Pour tirer de ces expériences, sinon la valeur absolue, au moins la valeur approchée de la durée de l'impression visuelle, il suffit de prendre, comme expression de cette quantité, la moitié du temps employé par le secteur unique à parcourir l'arc occupé sur le second cercle par le nombre des secteurs équidistants vus simultanément. On suppose alors que le dernier est resté immobile. La vitesse de rotation est facilement appréciée par un mécanisme dont je n'ai pas à m'occuper ici.

La question de la durée des impressions visuelles a été aussi un sujet d'études pour Plateau (1), qui est arrivé à formuler sur ce point des résultats très précis.

D'après cet excellent observateur, pour que la rétine ébranlée perçoive une impression complète, il est nécessaire que la cause excitante, c'est-à-dire l'action de la lumière, ait une certaine durée.

Une observation pleine d'intérêt faite par le même physicien, c'est que le temps pendant lequel l'impression visuelle conserve une intensité constante est variable suivant l'énergie de la cause efficiente. Il a constaté que ce temps est d'autant plus court que l'impression est plus violente. La durée de ce phénomène étant 1/100 de seconde pour l'action produite par la lumière diffusée à la surface d'un carton blanc exposé au soleil, on trouve qu'elle croît de plus en plus, quand on recouvre successivement le disque d'une teinte jaune, rouge ou bleue.

Si l'action lumineuse, source du phénomène, a agi pendant un temps suffisant

(1) *Ann. de chim. et de phys.*, t. LVIII, p. 401.

pour produire ce que nous avons désigné plus haut sous le nom d'impression complète, on constate que la durée totale de l'impression, c'est-à-dire le temps compris entre son maximum d'intensité et son minimum, croît avec l'intensité de la lumière qui a primitivement agi : cette durée est en raison inverse de celle de l'ébranlement direct.

Le phénomène de la persistance des impressions visuelles sur la rétine a été pour plusieurs observateurs l'origine de travaux intéressants à plus d'un titre.

La détermination de la véritable forme des objets, lorsque ceux-ci sont animés d'un mouvement rapide, a été obtenue au moyen de divers appareils ingénieux créés par Plateau, Faraday et Savart. Wheatstone, en tenant compte de cette donnée physiologique si importante, est arrivé à une méthode remarquable qui lui a permis de déterminer, avec une approximation satisfaisante, la vitesse de la lumière électrique.

Nous regrettons de ne pouvoir entrer dans les détails que comporteraient toutes ces ingénieuses recherches ; mais, quoique basées sur les propriétés d'un de nos organes, elles appartiennent en définitive plutôt à la physique pure qu'à la physiologie.

Images accidentelles.

Les faits exposés précédemment sur la persistance des impressions visuelles, ne sont pas les seuls dont nous ayons à nous occuper. Il est toute une classe de phénomènes qui méritent de fixer maintenant notre attention : il s'agit des images dites *accidentelles ou consécutives*.

Je ferai d'abord connaître les expériences propres à mettre en évidence les faits physiologiques dont je me propose de donner les différentes théories, en m'arrêtant à celle qui paraît réunir en sa faveur les probabilités les plus grandes.

Le phénomène des couleurs accidentelles consiste essentiellement dans le fait suivant : Lorsqu'on a fixé ses regards, pendant un temps plus ou moins long, sur un objet coloré, si l'on dirige les yeux sur un fond blanc, ou qu'on ferme tout à coup les paupières, on a la sensation d'une image dont la forme est la même que celle de l'objet, mais dont la couleur est complémentaire de celle de ce dernier.

J'ai déjà dit qu'on doit entendre par *couleur complémentaire* une teinte telle qu'ébranlant des éléments de la rétine impressionnés en même temps par la couleur primitive, il en résulte pour le *sensorium* la perception de la lumière blanche. Pour appuyer cet énoncé par quelques exemples, je rappellerai immédiatement que, si la couleur perçue directement est rouge, l'image accidentelle sera verte ; que si elle est orangée, l'image accidentelle sera bleue, et ainsi de suite, d'après la règle empirique de Newton.

Les expériences que l'on peut faire sur les couleurs accidentelles sont très nombreuses : je me bornerai à signaler celles qui ont le plus d'importance.

Deux observations, l'une de Rozier (1), l'autre de Plateau (2), prouvent, avec la dernière évidence, que l'extinction des images accidentelles ne s'opère pas par des degrés insensibles, mais que la cessation totale de l'impression paraît plutôt ne s'opérer qu'après une série d'apparitions et de disparitions successives.

(1) *Journal de physique*, t. VI, p. 486, année 1775.
(2) *Rec. cit.*

« Supposons, dit Rozier, un appartement quelconque privé de la lumière du soleil, et, dans cet appartement, un chandelier garni de sa bougie allumée. Placez ce chandelier à vos pieds, et sur le carreau, regardez perpendiculairement cette lumière de manière que vos yeux la fixent sans interruption pendant quelques instants ; aussitôt après, placez un éteignoir sur cette lumière, levez les yeux contre le mur de l'appartement, fixez vos regards vers le même point sans cligner l'œil ; vous ne verrez qu'obscurité dans le commencement de cette opération, puis, vers le point que vous fixez, paraîtra une obscurité beaucoup plus grande que celle de l'appartement ; continuez à fixer sans vous lasser ; peu à peu, dans le milieu de cette obscurité, se manifestera une couleur rougeâtre ; elle s'animera insensiblement, sa vivacité augmentera, enfin elle acquerra la couleur de la flamme. »

Le fait général, énoncé plus haut, trouve sa confirmation dans l'expérience de Rozier. Voici d'ailleurs une expérience de Plateau, qui est encore plus explicite :

« L'un de mes yeux, dit-il (1), étant fermé et couvert, j'adaptais à l'autre un tube noirci d'environ 50 centimètres de longueur et 3 de diamètre, et je regardais fixement, pendant une minute au moins, à travers ce tube, un papier rouge bien éclairé et d'une étendue suffisante pour que les rebords n'en fussent pas aperçus ; puis, sans découvrir l'œil fermé, j'enlevais subitement le tube et je regardais le plafond blanc de l'appartement. Alors, je voyais d'abord se former une image circulaire verte ; mais bientôt elle était remplacée par une image rouge d'une faible intensité et d'une très courte durée, après quoi reparaissait l'image verte, à laquelle succédait de nouveau une image rougeâtre, et ainsi de suite, les images successives allant toujours en s'affaiblissant, et le rouge ayant toujours moins d'intensité et de durée que le vert. Je voyais encore cette succession de couleurs, mais d'une manière un peu moins distincte, en fermant l'œil sans retirer le tube. »

Plateau est parvenu à mettre en évidence un fait dont l'intérêt ne saurait être douteux ; c'est que, tandis que deux couleurs réelles complémentaires quelconques forment ensemble du *blanc*, deux couleurs accidentelles complémentaires quelconques produisent l'opposé du blanc, c'est-à-dire du *noir*.

L'expérience suivante est destinée à constater le phénomène qui est la base de ce principe : sur un plancher, on étend une étoffe noire au milieu de laquelle on place un carton rectangulaire, de 20 centimètres de longueur sur 10 de hauteur, partagé en deux carrés égaux, l'un rouge et l'autre vert, les teintes étant, aussi exactement que possible, complémentaires l'une de l'autre ; le milieu de chaque carré est marqué d'un point noir. L'observateur ayant le dos tourné aux fenêtres, mais de manière à ne pas jeter d'ombre sur les carrés, porte alternativement les yeux sur les deux points noirs, en demeurant à peu près une seconde sur chacun. Cette opération est continuée pendant une minute environ. L'expérimentateur doit alors se couvrir les yeux avec beaucoup de soin ; il aperçoit, après quelques instants, trois carrés, vert, *noir* et rouge.

Il est aisé de déduire de cette expérience que le mélange de deux couleurs accidentelles complémentaires engendre la sensation de l'opposé du *blanc*, c'est-à-dire du *noir*.

On arrive, par un procédé analogue, à démontrer que, si la réunion de deux couleurs réelles est capable de produire la sensation d'une teinte mixte, la teinte résultant de la combinaison des deux mêmes couleurs accidentelles sera identique

(1) *Ann. de chim. et de phys.*, t. LVIII.

On trouve, par exemple, que le jaune et le bleu accidentels donnent la sensation du vert, absolument comme cette teinte serait engendrée par la réunion du jaune et du bleu réels.

Cependant on a reconnu, par ce qui se passe lors de la combinaison de deux images accidentelles complémentaires, que les couleurs accidentelles présentent avec les réelles des différences fondamentales, puisque, dans le cas où celles-ci produisent sur l'appareil de la vision la sensation du blanc, les premières donnent celle du noir.

Plateau (1) a démontré encore un fait important : il a constaté que la combinaison d'une couleur accidentelle avec une couleur réelle engendre une teinte identique avec celle qui eût résulté des deux mêmes teintes réelles. Pour observer ce phénomène, supposons que l'on fixe assez longtemps une surface de couleur orangée vivement éclairée : en portant son regard sur un écran peint en blanc, on aura la sensation du bleu ; mais qu'on le dirige, pour arriver au résultat cherché, sur un écran peint en jaune, l'œil recevra l'impression du vert : or, le même effet eût été produit en faisant arriver simultanément sur les mêmes éléments de la rétine des rayons jaunes et des rayons bleus.

On observe constamment que la production d'une image accidentelle est précédée de la persistance de l'impression primitive. Placés à l'extrémité d'une longue galerie mal éclairée, fixons, pendant une minute ou deux, une croisée éclairée par le jour diffus : au moment où nous appliquerons nos mains devant les yeux fermés, de façon à nous plonger dans l'obscurité la plus profonde, nous aurons une sensation identique avec celle produite par l'objet ; ce sera donc une simple persistance d'impression primitive. Mais, après un temps plus ou moins long, l'image accidentelle apparaîtra et nous croirons voir une image inverse, c'est-à-dire que les vitres seront complétement obscures et les barreaux se détacheront en blanc.

La succession de ces deux genres d'impression est constante, et il n'est pas rare, comme je l'ai observé plusieurs fois, que les alternatives d'images directes et d'images inverses se reproduisent plusieurs fois.

Suivant Franklin (2), lorsqu'on a la sensation de l'image réelle, par persistance d'impression, l'œil étant plongé par l'occlusion des paupières et l'apposition des mains dans une obscurité complète, il est facile de faire naître à volonté l'image accidentelle, c'est-à-dire inverse, en laissant pénétrer la faible quantité de lumière qui traverse le voile palpébral. Cette expérience, que j'ai plusieurs fois répétée, réussit constamment.

Une condition, de laquelle il importe de tenir compte dans toutes ces observations pour arriver à leur vérification, m'a été indiquée par J. Regnauld : c'est l'immobilité aussi complète que possible des globes oculaires sous les écrans dont on les couvre. Dès qu'on déplace la direction des axes optiques, toute sensation réelle ou accidentelle disparaît immédiatement, et il est nécessaire de rester ensuite quelques secondes dans une position invariable, pour que le phénomène se reproduise dans les mêmes circonstances.

(1) *Mém. cit.*
(2) *Observations sur la physique*, par Rozier, t. II, p. 383, 1773.

Irradiation. — Auréoles accidentelles.

La propagation des impressions lumineuses, des éléments de la rétine ébranlés directement à ceux qui les avoisinent, est l'origine de quelques phénomènes dont l'ensemble constitue ce que l'on désigne sous le nom d'*irradiation*.

Si l'impression, produite sur la rétine par un objet éclairé, se propage aux portions de cette membrane qui sont voisines, il en résultera une illusion pour l'expérimentateur qui croira voir l'objet amplifié. Ce résultat peut être mis en évidence par quelques expériences fort simples. On trace deux circonférences de même rayon sur deux cartons, l'un blanc, l'autre noir; puis on couvre le cercle, limité par la première, d'une couleur noire, et le cercle de la seconde d'une teinte blanche: ces deux disques, placés à la même distance d'un observateur, paraîtront avoir des rayons différents. Le cercle noir semblera constamment être plus petit que le cercle blanc. Plateau, qui a étudié avec soin toutes les questions qui se rattachent à ce sujet, indique encore le procédé suivant: sur un carton partagé en deux moitiés, l'une noire, l'autre blanche, on trace une bande comprise entre deux lignes parallèles; la portion, qui se trouve dans la moitié noircie, est peinte en blanc, celle qui se trouve dans la moitié blanche est recouverte de noir. Bien que les deux surfaces aient exactement la même largeur, si un observateur se place à une distance de 4 ou 5 mètres, la bande obscure sur le fond blanc lui paraîtra plus étroite que la bande blanche sur le fond noir.

Dans ces deux expériences, l'interprétation du phénomène est la même. Si l'image blanche paraît occuper, sur un fond obscur, un espace plus grand que la même image noire sur un fond blanc, c'est que, dans le premier cas, l'ébranlement de la rétine se propage aux éléments voisins du contour de la représentation, et empiète, par conséquent, sur le fond; dans le second cas, c'est le phénomène inverse qui a lieu, et l'empiétement de la teinte du fond s'opère aux dépens de la grandeur réelle de l'image.

Tels sont les faits fondamentaux dont la connaissance importe au physiologiste.

Les lois du phénomène, qui sont plutôt du domaine de la physique, ont été trouvées par Plateau. Je signalerai les plus simples. D'après ce savant, l'irradiation se manifeste, quelle que soit la distance de l'objet lumineux qui en est l'origine: ainsi, à partir de la distance minima de la vue distincte, jusqu'à un éloignement quelconque, le phénomène peut également être constaté; l'angle visuel sous-tendu est indépendant de la distance de l'objet. Il est facile d'en conclure que l'étendue, que nous attribuons à l'impression résultante, est proportionnelle à la distance qui paraît exister entre l'objet lumineux et les yeux de l'observateur, si toutes les autres circonstances du phénomène ne subissent aucune variation.

Plateau a démontré aussi que l'irradiation est d'autant plus grande que l'éclat de l'objet est plus considérable: mais il n'y a pas de proportionnalité entre ces deux ordres de phénomènes; l'accroissement de l'irradiation avec l'intensité lumineuse suit une loi beaucoup moins rapide.

Un fait digne de remarque, c'est que l'irradiation croît, d'une manière très sensible, avec la durée de la contemplation de l'objet. C'est d'ailleurs un de ces phé-

nomènes variables suivant les personnes, variables chez un même individu avec les dispositions qu'il présente au moment de l'expérience.

On peut constater que les phénomènes d'irradiation sont d'autant plus sensibles que le fond, sur lequel se détache un objet lumineux, est plus obscur. Si l'on fait varier l'état du fond depuis l'absence complète de la lumière jusqu'à un éclat égal à celui de l'objet éclairé, on remarque que l'irradiation va sans cesse en décroissant et qu'elle devient nulle quand ce terme est atteint. On comprend, d'après cela, que toute irradiation cesse sur les bords de deux objets différents qui présentent la même intensité lumineuse. Les irradiations de deux objets, situés en regard l'un de l'autre et à une distance assez petite, réagissent mutuellement l'une sur l'autre : de là résulte une diminution sensible dans le phénomène. Cette influence réciproque est d'autant plus énergique que les parties qui donnent lieu à l'irradiation, sont moins éloignées l'une de l'autre.

En tenant compte de ces principes, on s'explique quelques apparences singulières que chacun a pu observer : si un triangle rectiligne, dont la surface est peinte en blanc, est tracé sur un fond noir, ses côtés paraîtront curvilignes et leur convexité sera tournée en dehors; si la surface est noire et tracée sur un fond blanc, le triangle aura aussi ses côtés courbes, mais leur concavité paraîtra dirigée en dehors.

Les phénomènes précédemment étudiés peuvent être considérés comme jouant, par rapport à l'espace, un rôle analogue à celui de la persistance des impressions relativement au temps.

Il me reste à faire l'exposé de quelques phénomènes qui semblent devoir être rapprochés des couleurs accidentelles. Voici l'un d'entre eux, tel qu'il est énoncé pour la première fois par Buffon (1) : « Lorsqu'on regarde fixement et longtemps une tache ou une figure rouge sur un fond blanc, comme un petit carré de papier rouge sur un papier blanc, on voit naître autour du petit carré rouge une espèce de couronne d'un vert faible. En regardant, dans les mêmes conditions, une image jaune sur un fond blanc, on voit naître autour de celle-ci une couronne d'un bleu pâle. »

De là il résulte évidemment que, lors de l'impression produite sur la rétine par un objet lumineux coloré, les éléments voisins qui ne reçoivent aucun ébranlement direct se constituent néanmoins dans un état tel, par rapport à ceux qui sont influencés, que, dans une étendue plus ou moins grande autour de l'image, il naît la sensation d'une teinte complémentaire. C'est à cette espèce d'irradiation chromatique que les auteurs ont donné le nom d'*auréole accidentelle*.

Parmi les expériences qui se rattachent à cet ordre de phénomènes, les unes ont été faites par hasard, les autres ont été instituées comme moyens confirmatifs.

Si l'intérieur d'un appartement est éclairé par la lumière qui a traversé un rideau d'étoffe rouge, tous les objets qu'il renferme présentent cette teinte. Mais, si le rideau est percé d'une ouverture circulaire et qu'on reçoive sur un écran blanc le faisceau de lumière qui s'engage dans cette ouverture, on aura une surface qui, au lieu de paraître blanche, présentera une teinte verte très prononcée, évidemment due à l'auréole complémentaire des bords. On peut obtenir un effet analogue,

(1) *Dissertation sur les couleurs accidentelles*. Dans *Mém. de l'Acad. des sc.*, 1743.

en plaçant entre une fenêtre et l'œil un papier coloré translucide, puis à la surface de ce diaphragme une bande de carton blanc, éclairée par la lumière blanche diffuse. Ce dernier paraîtra prendre une couleur complémentaire de la teinte du papier.

Il faut encore citer, comme ayant une relation immédiate avec le sujet dont il s'agit, la coloration accidentelle des ombres ou pénombres qui se projettent sur un fond de teinte uniforme. Rumford paraît avoir signalé le premier cet ordre de phénomènes qui ont été depuis étudiés par plusieurs physiciens ou physiologistes.

Sur un carton blanc, on fait arriver de la lumière colorée par son passage à travers une lame de verre convenable; dans l'intérieur du faisceau lumineux, et à une petite distance de l'écran, on place une lame opaque capable de porter vers cette surface une ombre déliée. Or, si cette dernière est quelque peu éclairée par de la lumière blanche diffuse, elle paraît immédiatement prendre une teinte complémentaire de celle du fond. Grothuss a prouvé, d'une manière incontestable, que la présence d'une certaine quantité de lumière blanche, arrivant jusqu'à l'ombre projetée, est nécessaire au succès de l'expérience. Si on la répète, en effet, dans l'intérieur d'une chambre obscure, on ne parvient jamais, suivant cet observateur, à percevoir la sensation de l'ombre colorée complémentaire.

Les interprétations contradictoires n'ont pas manqué à ce phénomène *des ombres colorées subjectives*. Quelques auteurs ont cherché à l'expliquer par les lois des interférences, mais cette opinion ne mérite pas d'être réfutée. On doit rapprocher ces faits de tous ceux que nous avons déjà examinés, et chercher à en rattacher l'explication à une modification spéciale de la rétine. Il semble que, quelques uns des éléments de cette membrane étant ébranlés par une impression lumineuse, les parties voisines se constituent simultanément dans un état opposé, qui produit la sensation de la teinte accidentelle complémentaire.

Dans le cas des ombres colorées subjectives, les effets perçus se rattachent évidemment à une cause de cet ordre et sont complétement indépendants de tout phénomène physique proprement dit. Une observation de Rumford le prouve : regarde-t-on l'ombre à travers un appareil capable d'éliminer les rayons, émanés du fond, qui impressionnaient directement la rétine, toute sensation de couleur disparaît immédiatement; il ne reste plus que la perception d'une surface plus ou moins obscure.

Outre les phénomènes précédents, Plateau cite encore un cas d'impression colorée subjective qu'il désigne sous le nom d'*auréole secondaire*.

Suivant cet observateur, la couronne qui borde le contour d'un corps coloré, après s'être affaiblie jusqu'à une certaine distance, semble être bordée elle-même d'une couronne de teinte identique avec celle qui produit l'impression directe.

Une expérience très simple indique la réalité de ce fait. On place, devant une fenêtre, un papier rouge translucide, puis, à la surface, un carton blanc éclairé par de la lumière diffuse; les bords de ce dernier prennent une teinte verte et il paraît uniformément couvert de cette couleur si la largeur est faible. Mais, si elle dépasse $0^{m},012$, la coloration complémentaire décroît des bords à la ligne médiane, et cette portion de l'écran offre elle-même la teinte du fond. Cette expérience réussit parfaitement pour toute couleur homogène quelconque; elle ne laisse pas de doute sur l'existence des auréoles secondaires signalées pour la première fois par Plateau.

On doit à Chevreul (1) des observations qui prouvent que les auréoles accidentelles ne sont pas limitées aux bords des objets, mais que leur influence s'exerce sur une étendue plus ou moins considérable des images voisines. On est forcé de s'arrêter à cette conclusion ; car les recherches de Chevreul démontrent en effet que, si les images de corps colorés très voisins arrivent en même temps dans l'œil, leurs teintes s'influencent réciproquement, et il semble que chacune d'elles se couvre de la teinte complémentaire de sa voisine.

Une expérience, due au même observateur, est bien propre à mettre en évidence le phénomène qui nous occupe. On colle parallèlement entre elles, à la surface d'un carton, quatre bandes de papier égales ; elles ont toutes la forme de rectangles dont le grand côté a $0^{m},06$ et le petit côté $0^{m},012$. Deux de ces bandes sont jaunes, elles sont à gauche ; les autres sont du même rouge et placées à droite. Les bandes moyennes, l'une jaune, l'autre rouge, sont seules en contact immédiat ; les extrêmes sont à petite distance de leur voisine de même teinte. Si les images de ce système viennent se peindre dans l'œil un peu obliquement, on remarque que la teinte de chaque bande intermédiaire semble différer de celle de même couleur qui en est rapprochée : c'est ainsi que la bande rouge moyenne semble prendre une teinte violette, et la bande jaune une coloration verte. Ainsi donc, la première est influencée par l'auréole complémentaire du jaune, tandis que la seconde semble se couvrir de l'auréole accidentelle du rouge. Ces résultats sont généraux et s'appliquent à des surfaces rapprochées, quelle que soit leur coloration.

Ceci démontre qu'en rapprochant deux objets qui présentént des teintes complémentaires, la valeur de leurs tons s'accroîtra pour chacun d'eux, puisque chaque image semblera se couvrir d'une auréole de la même teinte, qui sera la complémentaire de la couleur voisine.

Chevreul a fait voir comment ces considérations théoriques et ces observations sur la nature des sensations chromatiques peuvent être mises à profit dans les arts, lorsqu'il s'agit de faire valoir autant que possible, dans un tableau ou dans une étoffe, les tons de chacune des couleurs employées. C'est ainsi que la réunion d'objets présentant des teintes analogues amène pour chacune d'elles une perte de valeur par l'influence de l'auréole accidentelle qui résulte de leur rapprochement.

Théories des phénomènes consécutifs à la perception des objets lumineux.

Le phénomène de la persistance des impressions sur la rétine, celui des couleurs accidentelles et tous les faits qui se rattachent à l'irradiation, ont reçu, à diverses époques, des interprétations différentes dont l'inexactitude a été mise hors de doute par les belles recherches de Plateau (2).

La seule théorie un peu ancienne qui mérite d'être connue avec quelques détails, est celle de Jurin (3) : les idées qui en forment la base sont une ébauche fort incomplète de celles qui ont été développées plus tard par Plateau.

Les impressions accidentelles, suivant Jurin, paraissent dépendre de ce principe, que, quand nous avons été pendant un certain temps affectés d'une sensation,

(1) *De la loi du contraste simultané des couleurs et de ses applications.* Paris, 1839.
(2) *Mém. cit.*
(3) *Essay upon distinct and indistinct vision.* Dans *Complete system of optiks*, par Rob. Smith. Cambridge, 1738.

aussitôt que celle-ci cesse, il s'en élève une autre contraire, quelquefois par la cessation même, et d'autres fois par des causes qui, dans un autre temps, ne produiraient aucunement cette sensation, ou du moins ne la produiraient pas au même degré. Tout le monde sait que la cessation subite d'une grande douleur est suivie immédiatement d'un plaisir sensible. Quand on sort d'un endroit fort éclairé et qu'on entre dans une chambre dont les volets des fenêtres sont presque fermés, on a, immédiatement après, la sensation de l'obscurité, et elle continue pendant beaucoup plus longtemps qu'il n'en faut à la pupille pour se dilater et s'accommoder à ce faible degré de lumière, ce qu'elle fait dans un instant. Mais, après qu'on est resté quelques moments dans un autre lieu beaucoup plus obscur, la même chambre, qui d'abord paraissait obscure elle-même, semble assez éclairée. Quand on sort d'un bain froid, la sensation de froid intense est bientôt suivie d'une sensation de chaleur.

C'est sur ces principes fondamentaux que Jurin (1) appuie sa théorie des impressions accidentelles. L'œil a-t-il d'abord fixé, pendant un temps suffisamment prolongé, une image brillante, s'il se porte ailleurs, il percevra bientôt une apparence contraire : si l'objet était éclatant, l'image subséquente sera sombre, et réciproquement; si l'objet était coloré, l'image accidentelle offrira une teinte complémentaire de celle produite par l'impression directe. Mais cette théorie, qui se rapproche de celle que je vais exposer tout à l'heure et que je crois la seule vraie, ne fut pas développée par Jurin suffisamment pour entraîner les convictions.

L'explication, qui pendant longtemps avait paru la plus exacte, était due au Père Scherffer (2) qui énonce ainsi le principe sur lequel elle est basée : « Si un sens reçoit une double impression, dont l'une est vive, mais dont l'autre est faible, nous ne sentons point celle-ci. Cela doit avoir lieu principalement quand elles sont toutes deux d'une même espèce, ou quand une action forte d'un objet sur quelque sens est suivie d'une autre de même nature, mais beaucoup plus douce et moins violente. »

En faisant l'application de cette idée théorique aux divers cas d'images accidentelles, on ne tarde pas à reconnaître qu'elle ne peut être l'expression de la vérité. Citons un exemple choisi par Scherffer lui-même : « L'œil, fatigué par une longue attention à la couleur verte, et jeté ensuite sur une surface blanche, n'est pas en état de ressentir vivement une impression moins forte de rayons verts. Or, à la vérité, continue Scherffer, les modifications de la lumière sont réfléchies par la surface blanche; mais les vertes sont en beaucoup moindre quantité en comparaison de celles qui frappaient l'œil en venant de la tache verte. Si donc on fixe l'œil sur le papier blanc, il arrivera que celles des parties de l'œil, qui auparavant avaient senti une plus forte impression de la lumière verte que les autres, ne pourront pas éprouver à présent tout l'effet de cette lumière. »

Il suit de là, selon cet observateur, que l'œil aura la sensation sur la surface blanche d'une image dont la teinte sera obtenue en retranchant le vert des couleurs du spectre; l'impression accidentelle aura donc, dans ce cas, la teinte rouge complémentaire de l'impression directe. Mais cette interprétation est évidemment erronée car tous les principes de l'optique infirment l'opinion de Scherffer lorsqu'il admet

(1) *Our. cit.*
(2) *Dissertation sur les couleurs accidentelles.* Dans *Journal de physique* de Rozier, t. XXV, année 1785.

que les rayons verts, envoyés par la surface blanche, sont en moindre proportion que ceux qui émanent d'une surface verte.

Le principe de Scherffer a été modifié par la plupart des physiciens modernes qui, pour expliquer le phénomène des impressions accidentelles, ont admis que, « quand l'œil, ou un autre organe, a été soumis à une irritation suffisamment prolongée, il perd momentanément de sa sensibilité pour les impressions de même nature. » Ils ont donc supprimé la condition posée par Scherffer, que la seconde impression fût plus faible que la première.

Si l'œil, après avoir fixé pendant un temps assez long un objet rouge, perçoit, en se portant sur une surface blanche, la sensation d'une image verte de même forme, c'est que, placé encore sous l'influence de l'impression primitive, sa sensibilité pour ces mêmes rayons est temporairement émoussée.

Si j'ai exposé cette théorie avec quelque détail, c'est que sa simplicité lui a fait obtenir un grand succès : Plateau, qui a discuté ce sujet avec un talent remarquable, en a démontré péremptoirement l'inexactitude, en faisant voir que les couleurs accidentelles se montrent parfaitement dans l'obscurité la plus complète.

Je me bornerai à mentionner les théories beaucoup moins importantes de Darwin, de Godart, celles de Prieur et de Brewster.

L'explication de Darwin (1) s'appuie à la fois sur le principe de l'insensibilité de Scherffer et sur la théorie des sensations opposées telle que l'avait admise Jurin. Cette opinion mixte conduit souvent son auteur à des résultats contradictoires qu'il ne se met pas en peine de faire concorder.

Quant à Godart, il compare les fibres de la rétine à des cordes vibrantes, et les couleurs aux tons de la musique. Il déduit de cette assimilation que la continuation de la sensation excitée par un objet, agit sur l'impression blanche produite par la surface sur laquelle on jette ensuite les yeux, de manière à en réduire le ton à celui de la couleur accidentelle. Cette explication est purement hypothétique, et les arguments se presseraient en foule s'il était nécessaire d'en donner la réfutation.

La théorie de Prieur est dite *théorie du contraste*. Elle paraît, d'après le mémoire de l'auteur, s'appliquer seulement aux phénomènes désignés sous le nom d'*auréoles accidentelles*. Biot (2) a étendu, dans l'énoncé suivant, le principe du contraste à l'ensemble des phénomènes dont nous parlons : « La sensation de la lumière dit-il, peut être excitée ou éteinte par comparaison. Par exemple, si l'œil fut longtemps fixé sur un espace étendu et coloré d'une teinte uniforme, il semble qu'il fasse ensuite abstraction de cette couleur-là, s'il se porte vers quelques autres objets. Alors on voit sur ces objets une tache dont la couleur est complémentaire de celle sur laquelle l'œil s'est fixé d'abord, c'est-à-dire qu'elle se compose de ceux des rayons de l'objet qui ne font point partie de cette couleur-là. Ces apparences, produites par contraste, se désignent sous le nom de *couleurs accidentelles*. »

Nous dirons, avec Plateau, que la théorie du contraste laisse beaucoup à désirer sous le rapport de la clarté : il est impossible de savoir si elle attribue les phénomènes à une cause psychique ou à une cause matérielle. Dans le premier cas, nous avons rapporté assez de faits pour la détruire, puisqu'ils prouvent tous que les couleurs accidentelles tiennent à une modification véritable de la rétine. Dans le second,

(1) *Zoonomie*. Trad. de Kluyskens, t. I, p. 17. Gand, 1811.
(2) *Traité de physique expérim.*, 2e éd., t. II, p. 372 et 373.

il est impossible de la distinguer de la théorie de l'insensibilité, et les arguments fournis contre la manière de voir de Scherffer lui sont en tout applicables.

Avant d'arriver à la théorie de Plateau, disons seulement un mot de celle de Brewster (1). Ce physicien, assimilant l'état de l'œil, pendant la contemplation d'un objet coloré, à celui de l'oreille pendant la perception d'un son, admet que « la vision de la couleur primitive et celle de la couleur accidentelle sont simultanées, de la même manière que le son fondamental et le son harmonique sont perçus simultanément par l'oreille. »

Il m'est impossible de rapporter ici toutes les expériences de Plateau qui démontrent, de la manière la plus complète, que jamais, pendant la contemplation d'un objet coloré isolé de toute influence étrangère, il n'y a perception simultanée, au même lieu, de la teinte primitive et de sa complémentaire.

Après avoir prouvé que les impressions accidentelles ne peuvent être dues à une cause psychique, qu'elles tirent leur origine d'une modification de la rétine; après avoir également mis en évidence que l'influence d'une lumière extérieure est inutile à leur génération, Plateau arrive à conclure que l'image accidentelle résulte d'une modification particulière de l'organe oculaire, en vertu de laquelle il nous donne spontanément une sensation nouvelle. Il prouve encore que le phénomène des couleurs accidentelles ne se produit jamais sans avoir été précédé de la persistance des impressions. Puis, de l'ensemble des expériences qui lui sont propres ou qu'il a empruntées aux divers observateurs qui se sont occupés de la même question, expériences que nous avons fait connaître précédemment, il arrive à déduire ce principe important que, « quand la rétine, après avoir été excitée pendant quelque temps par la présence d'un objet coloré, est subitement soustraite à cette excitation, l'impression produite par l'objet continue pendant un temps généralement très court, après quoi la rétine prend spontanément un état opposé au premier, et duquel résulte la sensation de la couleur accidentelle. »

Or, comment ne pas voir là, avec Plateau, un effet de réaction? N'est-on pas conduit tout naturellement à croire que le phénomène est dû à ce que la rétine, écartée de son état normal par la présence d'un objet coloré, puis abandonnée subitement à elle-même, regagne d'abord rapidement le point de repos, mais, entraînée par son mouvement, dépasse ce point et s'en éloigne en sens inverse?

Plateau résume enfin tous les résultats, auxquels il est parvenu, dans cet énoncé qui comprend en même temps la théorie de la persistance des impressions et celle des couleurs accidentelles :

« Lorsque la rétine, dit-il, est soumise à l'action des rayons d'une couleur quelconque, elle résiste à cette action et tend à regagner l'état normal, avec une force de plus en plus intense. Alors, si elle est subitement soustraite à la cause excitante, elle revient à l'état normal par un mouvement oscillatoire d'autant plus énergique que l'action s'est prolongée davantage, mouvement en vertu duquel l'impression passe d'abord de l'état positif à l'état négatif, puis continue généralement à osciller d'une manière plus ou moins régulière, en s'affaiblissant; tantôt se bornant à disparaître et à reparaître alternativement, tantôt passant successivement du négatif au positif, et *vice versâ*. L'intervalle qui s'écoule entre l'instant où la rétine est soustraite à l'action de l'objet coloré, et celui où l'impression commence à prendre l'état négatif, constitue ce que l'on entend par la *persistance des impres-*

(1) *Letters on natural magic*, p. 22.

sions de la rétine ; et les phases négatives de l'impression constituent le phénomène des *couleurs accidentelles.* »

Quant aux phénomènes de l'*irradiation* et des *auréoles accidentelles*, Plateau les fait dépendre des modifications oscillatoires qui se transmettent de proche en proche aux différentes portions de la rétine, et dans une étendue variable, lorsque quelques uns de ses points sont directement ébranlés par la lumière. Les éléments les plus rapprochés semblent être, en quelque sorte, entraînés dans le même mouvement, ils sont donc affectés d'une manière identique : telle est l'origine de *l'irradiation.* A une distance un peu plus grande, il y a état de repos des éléments de la rétine, mais les portions de cette membrane plus éloignées se constituent dans un état opposé : de là, les sensations complémentaires qui ont lieu dans les *auréoles accidentelles.*

On voit combien est satisfaisante la théorie de Plateau, et comment un même principe rend raison de tous ces phénomènes en apparence si compliqués, suivant qu'on l'applique au temps comme cela a été fait pour la persistance des impressions et les couleurs accidentelles, ou à l'espace pour l'explication de l'irradiation et des auréoles.

RÔLE DE LA RÉTINE, DU NERF OPTIQUE ET DE L'ENCÉPHALE DANS LA VISION.

La *rétine* est destinée à recevoir l'impression des rayons lumineux ; c'est la membrane sensible de l'organe de la vision. Elle est constituée par trois couches principales : une extérieure ou membrane de Jacob ; une moyenne ou médullaire, et une interne ou vasculaire. Les physiologistes ne se sont pas contentés d'étudier la participation de la rétine à la fonction visuelle; remontant des faits aux causes, ils ont recherché l'explication de ces faits. Pour se rendre compte de la sensation des couleurs, de celle du clair et de l'obscur, etc., ils ont admis des vitesses différentes dans les ondes d'un fluide (*éther*) qui serait répandu dans tout l'univers : ces ondes impressionneraient d'une manière différente la rétine, et la nature de la perception dont l'âme a conscience serait subordonnée à ces impressions variables. Dans cette théorie, on admet que les phénomènes de vision sont simplement le résultat de la perception par le *sensorium* d'un état déterminé de la rétine, et la sensation de l'obscurité trouverait son explication dans l'absence de toute impression, ou dans l'état de repos de la rétine elle-même.

Ce qui prouve d'ailleurs l'existence d'une modification survenant dans l'état de la rétine, pendant la perception des objets lumineux, c'est la possibilité de reproduire les mêmes sensations par un excitant autre que la lumière. Toute cause, capable d'apporter un changement dans l'état de la membrane nerveuse de l'œil, détermine des sensations *subjectives* de lumière. Comprimez l'œil avec le doigt, vous apercevrez des figures de formes diverses, tantôt annulaires, tantôt rayonnées. Dans ces circonstances, il vous arrivera quelquefois de voir une sorte de figure arborisée sur laquelle Purkinje a le premier insisté : cette figure, due aux vaisseaux centraux de la rétine, offre une ressemblance parfaite avec le dessin de ces mêmes vaisseaux. Sous l'influence de l'électricité, se manifestent aussi dans l'œil des figures d'une intensité lumineuse variable.

Il arrive parfois que les sensations subjectives de vision, dont nous venons de parler, se produisent spontanément : J. Muller (1) dit avoir constaté, dans certains

(1) *Manuel de physiologie*, 1845, trad. de Jourdan, t. II, p. 378.

cas, l'apparition d'une petite tache brillante isochrone aux mouvemens respira toires; en tournant brusquement les yeux de côté, on voit souvent apparaître tou d'un coup des cercles lumineux dans le champ visuel qui est plongé au milieu d l'obscurité, etc.

Les sensations de lumière une fois admises comme le résultat d'un changemen survenu dans l'état de la rétine, quelques physiologistes ont cru devoir se demand où cet état peut-être perçu par l'âme : évidemment, c'est dans l'encéphale et no dans la rétine elle-même.

Nous avons déjà fait remarquer (p. 93) que toutes les parties de la rétine n'o pas la même sensibilité à la lumière. On verra plus loin (1) que cette membra peut endurer toute espèce d'irritations mécaniques sans jamais donner lieu à moindre sensation douloureuse.

La participation de la rétine à l'acte même de la vision est prouvée par la rel tion qui existe entre le développement de cette membrane, chez les divers animau et le degré d'intensité de la faculté visuelle. Ce point d'anatomie physiologique a é traité par Desmoulins (2), qui a démontré l'existence d'un rapport constant ent l'étendue des surfaces de la rétine et la portée de la vue chez différents animau Il a surtout invoqué comme exemples, à l'appui de son opinion, l'aigle et le vau tour, dont la rétine est plissée sur elle-même, de telle sorte que les bords des pli couchés les uns sur les autres, représentent les méridiens d'une sphère : chez c mêmes oiseaux, le nerf optique est constitué par un faisceau d'une douzaine d lames parallèles. Si l'on compare la rétine de ces oiseaux, dont la portée visuel est si grande, à la rétine de l'oie et du canard domestiques, dont la vue est bi moins étendue, on reconnaît que, chez ces derniers, la rétine n'offre pas moindre ride.

Le lecteur trouvera, plus haut, d'autres détails importants sur l'intervention de rétine dans l'accomplissement des phénomènes visuels. (*Voir* ci-dessus, p. 49, 8 85, 91, 93, 95 et suiv.)

Quant *au rôle du nerf optique et de l'encéphale dans la vision*, il sera étud seulement dans la seconde partie de ce volume. (*Voir* p. 282, 220, 240.)

MOUVEMENTS DU GLOBE DE L'ŒIL.

Pour l'intelligence des mouvements de l'œil, il est nécessaire de rappeler que c organe est en équilibre dans la cavité de l'orbite; que son appareil moteur produit point cet équilibre, qu'il ne peut le détruire, et que son action se born faire tourner l'œil en différents sens autour de son centre qui est fixe.

On sait que le globe de l'œil est entouré par un tissu adipeux abondant, sur l quel il repose : mais son état d'équilibre résulte principalement de l'existen d'une enveloppe aponévrotique propre à fixer l'organe au pourtour de l'orbit Cette membrane, découverte par Tenon (3) qui en avait déjà compris toute l'im

(1) Deuxième partie de ce volume, p. 282.
(2) *Journ. de physiol. expérim.*, t. III, p. 53.
(3) *Mémoires sur l'anatomie, la pathol. et la chirurg.*, 1806, p. 193.

portance, indiquée par Malgaigne (1) et par J. Guérin, a été décrite par Bonnet (2) d'une manière complète et détaillée. « La capsule oculaire, dit cet auteur, est formée par une membrane fibreuse dans laquelle l'œil est reçu comme le gland du chêne dans sa cupule; elle s'insère autour de l'extrémité antérieure du nerf optique, entoure les deux tiers postérieurs de l'œil, sans adhérer intimement à cet organe, et se termine en avant, par plusieurs expansions fibreuses, dont la plus apparente est celle qu'elle envoie aux cartilages tarses des paupières, et qui en semble la véritable terminaison. »

Cette capsule se réfléchit, d'une part, sur les muscles oculaires, et se porte vers la sclérotique, en réunissant leurs insertions; elle contracte, d'autre part, avec l'orbite des rapports importants. Ainsi : 1° elle fournit deux gaînes résistantes qui accompagnent les muscles obliques jusqu'à l'orbite à laquelle elles adhèrent; 2° au niveau de la partie postérieure des cartilages tarses, elle vient se réunir à angle aigu avec les ligaments palpébraux, qui, partis des bords orbitaires supérieur et inférieur, vont se terminer dans l'épaisseur des paupières; 3° enfin les gaînes, que cette capsule fibreuse fournit aux muscles droits latéraux, envoient deux forts prolongements qui se fixent à l'orbite au niveau des angles interne et externe des paupières, et que Tenon désigne sous le nom de faisceaux tendineux des muscles adducteur et abducteur.

Il résulte de cette disposition, dont on n'a tenu presque aucun compte relativement aux mouvements de l'œil, que cet organe occupe dans la cavité de l'orbite une position déterminée dans laquelle il est maintenu par un appareil ligamenteux spécial; de sorte que les muscles dont il est entouré peuvent, malgré leur faible développement, produire des mouvements d'une précision extrême. D'ailleurs, ces muscles n'auraient pu soutenir le globe oculaire qu'à la condition d'être dans un état permanent de contraction, ce qui est inadmissible. Notons encore que les flexuosités du nerf optique et la forme exactement sphérique de l'œil doivent confirmer dans l'opinion que celui-ci ne se meut qu'autour de son centre.

Le centre du globe oculaire étant immobile, tous les mouvements de cet organe ont pour axe l'un ou l'autre de ses diamètres. Toutefois, ces mouvements peuvent être rapportés à trois directions principales qui sont, en raison des déplacements que subit la cornée : l'élévation et l'abaissement, dus à la rotation de l'œil autour de son diamètre transversal; l'adduction et l'abduction qui se font autour d'un diamètre vertical; enfin la rotation en dedans et en dehors autour d'un axe antéro-postérieur. Six muscles, groupés deux par deux, président à ces trois ordres de mouvements. Les droits supérieur et inférieur, auxquels sont confiés l'élévation et l'abaissement, envoient chacun une expansion fibreuse vers les cartilages tarses; disposition qui permet de comprendre pourquoi les mouvements des paupières suivent constamment ceux du globe de l'œil en haut et en bas, bien que la paupière inférieure soit dépourvue de muscle chargé spécialement de produire ce mouvement.

Quant aux muscles droits interne et externe, on les appelle adducteur et abducteur de l'œil, dénomination inexacte en ce sens qu'elle pourrait laisser croire que, lors de leur contraction, le globe en totalité subit un déplacement, tandis que la cornée seule se déplace. Ces muscles, le droit externe surtout, sont enroulés autour

(1) *Anatomie chirurgicale*, t. I, p. 375.
(2) *Traité des sections tendineuses et musculaires*. Paris, 1841, p. 11.

du globe oculaire et dirigés d'arrière en avant : au moment de leur contraction, il doivent tendre à se redresser, puis à rapprocher leur insertion antérieure de la pos térieure, conséquemment à comprimer l'œil latéralement, ou bien le refouler ver la paroi qui leur est opposée et l'enfoncer dans l'orbite. Cette compression latérale ce déplacement en dedans, en dehors, en arrière, n'ont pourtant pas lieu, et l'o en doit attribuer la cause seulement à l'influence exercée sur l'action de ces mus cles par les prolongements fibreux qu'ils envoient au rebord orbitaire. Ces prolon gements forment comme une poulie de réflexion aux droits externe et interne, e l'on peut, jusqu'à un certain point, admettre que ces muscles agissent sur l'œ comme s'ils partaient seulement de ce point de réflexion : alors, l'externe ne ten dra pas à comprimer l'œil ni à l'enfoncer dans l'orbite, mais plutôt à l'attirer e dehors; le droit interne agira en sens inverse; et, comme le centre de l'œil e immobile, cet organe ne sera transporté ni dans un sens ni dans l'autre, la pupill seule sera dirigée en dedans ou en dehors (1).

La contraction simultanée de deux muscles droits contigus donne à la pupill une direction intermédiaire à celle que lui aurait communiquée chacun d ces muscles isolément; trois des muscles droits, ou même ces quatre muscles peu vent aussi agir simultanément.

Le plus souvent les deux antagonistes se contractent d'une manière alternativ pendant que les deux autres muscles sont dans un état de contraction fixe : tel e le cas où nous voulons juger avec précision de la verticalité d'une ligne. Dans c acte, l'œil, préalablement fixé latéralement de manière à ne pouvoir subir da ce sens le déplacement le plus minime, se dirige de haut en bas et de bas en ha successivement.

On sait jusqu'à quel point peut être poussée la justesse de cette appréciatio Hueck (2) a calculé que l'œil peut reconnaître la déviation d'une ligne dont l'ima sur la rétine ne diffère de la verticale que de 0,0008 de millimètre. Pour reco naître si une ligne est horizontale, l'œil est, au contraire, maintenu dans une p sition fixe par les muscles droits supérieur et inférieur; puis il est entraîné à droi et à gauche par les droits latéraux qui se contractent alternativement.

La pupille peut être dirigée successivement vers tous les points de la circonf rence de l'orbite. Ce mouvement de circumduction est dû à la contraction succ sive des quatre muscles droits ; il est généralement saccadé, et ne peut ordinair ment s'exécuter avec une grande régularité.

Enfin on a admis que les quatre muscles droits, en se contractant ensemble avec une égale intensité, pouvaient enfoncer l'œil dans la cavité de l'orbite. Ce action, qui n'aurait aucun but, est d'ailleurs bien loin d'être démontrée : no pensons qu'à l'état normal elle est complétement annulée, d'abord par les expa sions qu'envoient les muscles droits, soit vers les cartilages tarses, soit vers le rebo orbitaire, puis par la capsule fibreuse qui soutient l'œil en arrière, et enfin par insertions des deux muscles obliques.

Nous ne reviendrons pas sur la question de savoir si les muscles droits ont u action sur la forme de l'œil, s'ils peuvent, soit en allongeant, soit en raccourc

(1) Nous avons peine à comprendre comment Bonnet (*ouv. cit.*, p. 42 et 43) a admis (les muscles droits latéraux puissent à la fois aplatir l'œil en se contractant, et lui faire subir un m vement de transport en dedans ou en dehors, à l'aide de leurs insertions orbitaires.

(2) *Archives générales de médecine*, 3ᵉ série, t. XI, août 1841.

sant son diamètre antéro-postérieur, concourir à l'adaptation de cet organe pour la vision distincte à diverses distances. Il en a été fait mention précédemment. (*Voir* p. 60 et suiv.)

Il n'est guère de question qui ait donné lieu à des assertions plus variées et plus contradictoires que celle de l'action des muscles obliques sur la direction de l'œil. Suivant Albinus (1), le grand oblique dirige la pupille au-dessous de l'angle externe des paupières. D'après G. Cowper (2), quand ce muscle agit seul, il avance le globe de l'œil en tournant la pupille en bas. Ch. Bell (3) dit que l'oblique supérieur porte l'œil en bas et en dehors. Suivant Portal, Hipp. Cloquet et Blandin, la pupille est portée en bas et en dedans. Enfin Dieffenbach et Phillips admettent que, par l'action du grand oblique, la pupille est dirigée en haut et en dedans. D'autres auteurs, et Bichat est de ce nombre, pensent que ce muscle n'a aucune action sur la direction de la pupille, mais qu'il fait subir au globe de l'œil une rotation autour de son diamètre antéro-postérieur. L'origine de cette idée est déjà ancienne. Je lis, dans les Œuvres de Cl. Perrault (4), les passages suivants : « Pour ce qui est de l'action du muscle grand oblique, son effet est de faire tourner la prunelle sur son centre, et tout l'œil sur un axe dont les pôles sont l'un au fond de l'orbite et l'autre au milieu de la prunelle..... Mais il n'y a point d'apparence que ce mouvement en rond se fasse jamais, ne pouvant être d'aucun usage, puisqu'il ne saurait apporter aucun changement sensible à l'œil. J'ai souvent observé les yeux des tortues, qui ont dans l'iris quatre points jaunes formant comme une croix sur un fond fort brun, ce qui rendrait ce mouvement circulaire de l'œil fort visible, s'il se faisait quelquefois, mais je ne l'ai jamais pu apercevoir. Si ce mouvement se faisait dans l'œil de l'homme, on le verrait aussi par le moyen des veines, qui sont visibles vers les coins ; or, on ne voit jamais que ces veines haussent ni baissent, ce qui arriverait nécessairement si l'œil avait quelquefois ce mouvement. »

J. Hunter a donné la solution complète du problème en faisant connaître les conditions de la rotation de l'œil autour de son axe antéro-postérieur, et en démontrant que ce mouvement n'a pour but que de soustraire l'organe visuel à l'effet des oscillations latérales de la tête et du corps. « Lorsque nous regardons un objet, dit J. Hunter, et qu'en même temps notre tête se meut vers l'une ou l'autre épaule, nous exécutons un mouvement en arc de cercle dont le centre est le cou ; et, par conséquent, les yeux seraient soumis à la même quantité de mouvement sur cet axe, si les muscles obliques ne les fixaient sur l'objet regardé. Quand la tête est mue vers l'épaule droite, le muscle oblique supérieur du côté droit agit et maintient l'œil droit fixé vers l'objet, et un semblable effet est produit sur l'œil gauche par l'action de son oblique inférieur. Quand la tête se meut dans une direction contraire, les autres muscles obliques produisent le même effet (5). » De nos jours, Hueck (6), Szokalski (7), J. Guérin (8), etc., ont reproduit et confirmé les idées de J. Hunter.

(1) *Hist. muscul. hominis*. Leyde, 1734.
(2) *Myotomia reformata*. Londres, 1694.
(3) *Des mouvements de l'œil*. Dans *Exposition du syst. nat. des nerfs* ; trad. de Genest, p. 171. Paris, 1825.
(4) *OEuvres de physique et de mécanique*. Amsterdam, 1727, t. II, p. 572.
(5) J. Hunter, *OEuvres complètes*, trad. par Richelot, t. IV, p. 359. Paris, 1841.
(6) *Archives de médecine*, 3e série, t. II, 1841.
(7) *Influence des muscles obliques de l'œil sur la vision*. Gand, 1840.
(8) *Communicat. à l'Institut*, août 1840. — *Examinat. méd.*, n° 7, p. 75, 1841.

Bonnet (1), en exerçant sur le cadavre, et avec toutes les précautions nécessaires, des tractions sur le grand oblique, est arrivé à ce résultat, dont j'ai moi-même vérifié l'exactitude, que ce muscle porte la pupille en bas et en dehors, et qu'il imprime au globe de l'œil un mouvement de rotation de dehors en dedans sur son axe antéro-postérieur.

Parmi tant d'opinions diverses, quelle est celle qu'on doit choisir et définitivement adopter ? Éliminons d'abord l'opinion qui n'accorde au muscle oblique supérieur d'autre action que de diriger la pupille en haut et en dedans ; elle ne repose sur aucune observation directe, et ne se concilie ni avec la direction et les attaches du muscle, ni avec les expériences sur le cadavre. La rotation de l'œil, au contraire, est démontrée à la fois par l'examen anatomique des parties, par l'expérimentation sur le cadavre et sur le vivant : c'est donc pour nous un fait hors de doute. Reste à savoir si la pupille peut être déviée et si elle se porte en bas et en dehors, comme l'affirment la plupart des auteurs. Ici, je ferai observer qu'il faut distinguer les effets du grand oblique sur le cadavre, de ceux qu'il produit sur le vivant. Dans le premier cas, l'œil est complétement soustrait à l'influence des muscles droits; au contraire, il y reste soumis dans le second, et l'action toute-puissante de ces muscles sur la direction du segment antérieur de l'œil, annihile facilement la faible déviation que tend à lui imprimer le grand oblique. En dernière analyse, ce muscle est rotateur de l'œil de dehors en dedans.

Ce qui précède réduit à peu de chose ce que nous avons à dire de l'action du muscle oblique inférieur. La direction et les insertions de ce muscle, les expériences sur le cadavre amènent à conclure qu'il imprime au globe oculaire un mouvement rotatoire inverse de celui qui est dû au muscle précédent; qu'en outre il dirige la pupille en haut et en dehors. Mais, si l'on tient compte de l'influence des muscles droits, l'oblique inférieur est purement et simplement l'antagoniste du grand oblique.

On a longtemps cherché la raison de l'obliquité de ces deux muscles : si, en effet, ils ne sont que rotateurs, ne devraient-ils pas être dirigés perpendiculairement à l'axe antéro-postérieur de l'œil ? Cowper, Winslow, Cl. Perrault ont avancé que ces muscles servent à soutenir le globe oculaire en arrière, qu'ils l'empêchent de presser les parties subjacentes; qu'enfin, ils tirent l'œil directement hors du fond de l'orbite, pour contre-balancer l'action des muscles droits. Mais j'ai constaté que, chez les animaux dont les yeux dirigés latéralement n'ont besoin que d'un faible mouvement d'abduction, les muscles obliques sont insérés au globe de l'œil très près de la cornée, et qu'ils ont une direction transversale; ce qui me fait penser que cette insertion n'est rejetée en arrière, chez l'homme, que pour ne pas nuire à l'abduction, qui a une très grande étendue. Les muscles obliques perdent, il est vrai, un peu de leur pouvoir rotateur, mais cette action est encore suffisante, puisque Hueck a calculé qu'elle a environ 50 degrés d'étendue. Leur antagonisme avec les muscles droits me paraît, quoi qu'on en dise, un fait peu probable; car, si chez l'homme, en raison de leur obliquité, ils sont assez défavorablement placés pour cet usage, il y sont complétement inaptes chez les animaux pourvus néanmoins d'un double appareil musculaire (*M. choanoïde*) inséré au fond de l'orbite.

Les trois ordres de mouvements, auxquels concourent deux par deux les s

(1) *Ouv. cit.*

muscles de l'œil, n'ont entre eux aucun antagonisme ; au contraire, ils sont complétement indépendants l'un de l'autre : aussi peuvent-ils s'associer et se combiner de mille manières, soit pour diriger l'œil de différents côtés, la tête étant dans une position fixe, soit pour arrêter le regard sur un objet quand la tête ou le corps entier est en mouvement. Dans le premier cas, les muscles qui entrent en contraction ont pour point fixe, leur insertion osseuse ; dans le second, au contraire, c'est l'orbite qui se meut autour du globe oculaire, et les muscles ont leur point fixe à leur insertion scléroticale.

Les mouvements combinés des yeux ont ceci de remarquable qu'ils sont toujours de même espèce, c'est-à-dire qu'ils s'exécutent dans les deux yeux autour d'un axe de même nom. Ainsi les yeux tournent ensemble tantôt autour de leur axe transversal ou vertical, tantôt autour de leur axe antéro-postérieur. Mais cette rotation peut se faire dans le même sens ou en sens inverse. Dans l'élévation ou l'abaissement, les deux yeux marchent ensemble avec une parfaite régularité. Lorsque nous portons la vue horizontalement à droite et à gauche, le mouvement est contrarié, car nous contractons l'adducteur d'un côté avec l'abducteur du côté opposé : les deux adducteurs se contractent ensemble et font tourner les yeux de dehors en dedans, autour de leur axe vertical, lorsqu'on regarde un objet rapproché. Enfin, les deux abducteurs peuvent aussi se contracter ensemble, dans une certaine limite, quand on porte la vue d'un point très voisin vers un point plus éloigné. La rotation, autour de l'axe antéro-postérieur, se produit par un mouvement contrarié : constamment l'oblique supérieur d'un côté agit avec l'oblique inférieur du côté opposé. Cependant Ch. Bell (1), et après lui J. Müller (2), croient à la possibilité de la contraction simultanée des deux muscles obliques inférieurs. Ce mouvement serait involontaire, se produirait pendant le sommeil, le clignement, la syncope, et aurait pour effet de diriger les deux pupilles en haut et en dedans. On peut démontrer péremptoirement l'inexactitude de ces assertions : d'abord si le muscle oblique inférieur pouvait changer la direction de la pupille, nous avons vu qu'il la porterait en dehors et en haut ; en second lieu, les yeux n'ont, pendant le sommeil ou la syncope, aucune position déterminée, et lors du clignement, ils ne subissent aucun déplacement, ce qui arrive le plus ordinairement, ou ils roulent ensemble sous la paupière supérieure de manière à lubrifier également la surface de la cornée.

Toutefois, il est remarquable que cet antagonisme, qui existe chez l'homme entre les muscles rotateurs d'un côté à l'autre, cesse d'avoir lieu chez un grand nombre d'animaux. En effet, quand les yeux sont dirigés latéralement, la rotation de l'œil n'a plus pour but de corriger les mouvements d'inclinaison latérale de la tête, mais ceux de flexion et d'extension. Les yeux tendant alors à se déplacer dans le même sens, les deux muscles de même nom se contractent ensemble, savoir : les deux obliques inférieurs pendant l'abaissement de la tête, et les deux supérieurs pendant son élévation. Ce fait, que j'ai constaté sur le lièvre et sur le cheval, a lieu probablement chez un grand nombre d'animaux. Une de ses conséquences, est que le double antagonisme, qui a lieu chez l'homme entre les muscles rotateurs des yeux, ne suffit pas pour expliquer l'existence d'un nerf spécial pour l'un de ces muscles, puisqu'on rencontre la quatrième paire sur des animaux chez lesquels cet antagonisme ne se produit pas.

(1) *Ouv. cit.*

(2) *Physiologie du système nerveux*, t. I, p. 156, trad. de Jourdan.

On sait que trois nerfs, *le moteur oculaire commun*, *le pathétique et le moteur oculaire externe*, sont destinés à l'appareil moteur du globe de l'œil. Le premier se distribue aux muscles droits supérieur, interne, inférieur, et au petit oblique ; le second au grand oblique ; le troisième au droit externe.

A chacune des trois directions principales, vers lesquelles le globe oculaire peut être porté, correspond l'une des trois paires nerveuses motrices de l'orbite. Aux mouvements dans le sens vertical, correspond le nerf moteur oculaire commun ; aux mouvements rotatoires, le pathétique ; enfin à ceux de latéralité, le moteur oculaire externe. Une telle disposition est suffisamment motivée par la nécessité d'une précision extrême dans tous les éléments de l'organe visuel, et c'est grâce à elle que l'harmonie des mouvements de cet admirable appareil se trouve réunie à leur indépendance nécessaire : l'harmonie, au moyen de la troisième paire qui participe à tous les genres de mouvements du globe de l'œil ; l'indépendance, par la quatrième et la sixième paire affectée chacune à un seul genre de ces mouvements. Telle est, suivant nous, la seule raison plausible de l'existence de trois paires nerveuses différentes, pour un si petit nombre de muscles.

Nature et mouvements de l'iris.

Nous n'avons pas à revenir sur les usages de l'iris ; il nous reste seulement à examiner la nature de ce diaphragme et à considérer les mouvements iriens en eux-mêmes.

La plupart des physiologistes s'accordent aujourd'hui à reconnaître que l'iris renferme dans son épaisseur des fibres musculaires, et qu'à leur présence sont dus les mouvements de cette membrane. On n'a pas toujours pensé ainsi, et l'on a tour à tour expliqué ces mouvements par la turgescence des vaisseaux iriens ou par l'existence d'un tissu spécial. Examinons rapidement la valeur de ces diverses hypothèses.

Personne n'ignore la grande vascularité de l'iris, le nombre considérable d[e] vaisseaux artériels et veineux qui entrent dans sa constitution. Cette disposition a suggéré à Fabrice d'Aquapendente (1) l'idée d'assimiler les mouvements de l'iri[s] aux phénomènes de turgescence des tissus érectiles : Méry (2), Sœmmerring, etc. ont adopté une opinion semblable. Grimelli (3) a reconnu, en injectant des ca-davres d'enfants, la réplétion des vaisseaux sanguins de l'iris, et, par suite, l[e] rétrécissement de la pupille. En supposant que les mouvements de l'iris résulte[nt] véritablement d'un afflux sanguin, on est porté à se demander comment l'im-pression de la lumière sur la rétine peut rendre compte de cet afflux sangui[n]. Portal (4) l'explique en disant que la lumière, qui arrive au fond de l'œil, chass[e] le sang des vaisseaux de la rétine et fait passer ce liquide dans les vaisseaux d[e] l'iris ; hypothèse que rien ne justifie. P. Bérard (5) a fait remarquer que, si la dila-tation de la pupille était purement passive, cette dilatation devrait avoir une limit[e] invariable. Or, le mouvement de dilatation présente une foule de nuances, [...]

(1) *Op. omn. de oculo*, III, 6, p. 230. Leyde, 1738.
(2) *Mém. de l'Acad. des sciences*, 1704, p. 261.
(3) *Mem. della med. contemp.* 1840.
(4) *Cours d'anat. méd.*, t. IV, p. 423. Paris, 1804.
(5) *Dict. de méd.* en 30 vol., 2e édition, article OEIL, t. XXI, p. 337.

s'accomplit souvent d'une manière très rapide ; il ne ressemble donc nullement à celui qui se passe dans les tissus érectiles.

F. Arnold (1) attribue les mouvements de l'iris à la présence d'un tissu cellulaire contractile. Cette opinion compte également, au nombre de ses partisans, Krause qui n'admet dans l'iris que des fibres de tissu cellulaire et des fibres nerveuses ; Schwann, qui n'y a trouvé qu'une structure fibreuse, etc. Mais les recherches d'autres micrographes, ainsi que plusieurs expériences physiologiques, s'accordent pour faire regarder les mouvements iriens comme étant de nature musculaire.

Déjà Ruysch, Boerhaave, Whytt, Winslow, etc., avaient admis dans l'iris l'existence de fibres musculaires : plus récemment, Maunoir, de Genève (2), a émis la même opinion. On peut aujourd'hui alléguer, en faveur de la nature musculaire de l'iris, deux ordres de preuves, les unes anatomiques, les autres physiologiques. Le microscope a démontré qu'il y a, dans ce diaphragme, des fibres musculaires non striées ; sous ce point de vue, il existe une concordance parfaite entre les observations de Valentin (3), de Hueck, de Krohn (4), etc. D'un autre côté, les expériences de Fowler, de Reinhold, celles de Nysten et les miennes, ont prouvé que, sous l'influence de l'électricité, l'iris se contracte, soit sur l'animal vivant, soit même après la mort (5).

L'iris est donc un tissu dont la nature et les propriétés rappellent celles du tissu musculaire, bien qu'il existe entre eux certaines différences. Aussi nous semble-t-il rationnel de rapprocher les mouvements de l'iris des mouvements musculaires, sans pourtant les confondre les uns avec les autres.

Pour se rendre compte des mouvements de dilatation et de resserrement de l'iris, les physiologistes ont invoqué l'existence dans cette membrane de deux ordres de fibres, les unes circulaires disposées autour de la pupille, les autres rayonnées se portant de la grande circonférence à l'anneau pupillaire. Cette disposition, si elle était réelle, rendrait parfaitement compte des phénomènes mécaniques de l'iris. Hall (6) considère comme fibres musculaires seulement quelques fibres disposées autour de la petite circonférence de l'iris. D'après le physiologiste anglais, la contraction de la pupille est due à cette couche de fibres musculaires ; la dilatation est le résultat de la cessation de cette contraction, et peut-être aussi du resserrement d'un tissu contractile spécial dont il admet l'existence dans l'iris.

La constitution de l'iris ne lui permet d'exécuter que deux sortes de mouvements, qui se traduisent par la dilatation ou le resserrement de la pupille. Nous devons simplement mentionner une sorte de propulsion de l'iris, qui a lieu, d'après Ribes (7), lorsqu'on regarde des objets fortement éclairés. Ce mouvement en

(1) *Physiologie*, t. I, p. 645.
(2) *Mém. sur l'organis. de l'iris*. Genève, 1812 et 1825.
(3) *Repertorium*, 1837, p. 247.
(4) *Muller's Archiv.*, 1837, p. 280.
(5) Mes expériences, qui remontent à 1839, ont été faites immédiatement après la mort sur des yeux de chevaux et de bœufs : les extrémités des réophores ont été appliquées *directement* sur l'iris.
(6) *The Edinburgh medical and surgical Journal*, juillet 1844. Extr. dans *Arch. génér. de méd.*, 4e série, t. V, p. 493.
(7) *Mém. de la Société méd. d'émulation*, t. VIII, p. 631.

avant résulterait, suivant lui, de l'accumulation de l'humeur aqueuse dans la chambre postérieure par suite du resserrement de la pupille.

Les mouvements de l'iris sont le plus souvent en rapport avec l'intensité de la lumière qui tombe sur la rétine. Lorsque cette membrane nerveuse ne reçoit qu'un petit nombre de rayons lumineux, l'ouverture de l'iris se dilate; lorsqu'au contraire la lumière, qui tombe sur la rétine, est vive, la même ouverture se resserre. Ce n'est pas seulement la lumière solaire qui produit cet effet; tout rayon lumineux un peu intense, quelle qu'en soit la source, donne lieu à un resserrement de la pupille.

L'application de certains narcotiques sur l'œil produit une dilatation de la pupille : cette propriété, que possède à un si haut degré la belladone, est mise à profit par les chirurgiens quand ils se proposent d'agrandir le champ pupillaire. La dilatation permanente de la pupille s'observe encore dans l'amaurose, dans certaines affections cérébrales; au contraire, son resserrement a lieu dans l'iritis, dans l'empoisonnement par la strychnine, etc.

Les physiologistes ont cherché à se rendre compte de la rapidité avec laquelle l'iris se resserre sous l'influence d'une vive lumière. F. Arnold, s'appuyant sur l'existence d'un filet nerveux qui de la rétine irait aboutir au ganglion ophthalmique, avait émis l'opinion que l'impression produite sur la rétine ne va pas au delà du ganglion, et que de celui-ci l'excitation se réfléchit sur les rameaux moteurs de l'iris. Cette théorie ne saurait être admise. Il est démontré que l'impression visuelle, produite sur le fond de l'œil, est transmise à l'encéphale et réfléchie sur le nerf moteur oculaire commun qui tient sous sa dépendance les mouvements de l'iris. Les expériences que nous rapporterons plus loin (2e *partie* p. 222, 283) concourent à établir cette démonstration.

PARTIES PROTECTRICES DE L'ŒIL.

Les parties protectrices de l'œil diffèrent entre elles autant sous le rapport de leur organisation que sous celui de leurs fonctions respectives. Si, en effet, toutes ces parties tendent vers un but commun, qui est de soustraire le globe oculaire à l'action des violences extérieures ou à l'impression d'une lumière trop vive, il importe de noter que chacune d'elles y coopère d'une manière différente. Il est donc nécessaire d'examiner séparément le rôle de ces parties, qui sont les orbites, les sourcils, les paupières, l'appareil lacrymal, et dont l'ensemble a reçu à juste titre le nom de *tutamina oculi*.

Orbites. — A la partie supérieure de la face, il existe deux cavités formées par l'assemblage d'un certain nombre d'os; ce sont les orbites. Chez l'homme, ces cavités ont la forme d'une pyramide à quatre pans, à base tournée en avant, à sommet dirigé en arrière. La direction de la base de l'orbite mérite de fixer l'attention : cette base est en effet dirigée obliquement d'avant en arrière et de dedans en dehors, d'où il résulte que la paroi externe de l'orbite a une longueur moindre que la paroi interne. Cette disposition augmente l'étendue du champ visuel en dehors. Chez beaucoup d'animaux, l'obliquité de la base est beaucoup plus prononcée que chez l'homme. La paroi externe de l'orbite est bien plus solideme

constituée que la paroi interne qui, formée en grande partie par l'os planum et l'unguis, est d'une fragilité extrême. N'est-ce pas là une circonstance anatomique en rapport avec les chances plus grandes de lésion du globe oculaire par le côté externe que par la partie interne?

L'orbite ne renferme pas seulement le globe oculaire, elle contient encore des muscles dont nous avons étudié les usages, une certaine quantité de graisse qui sert à l'œil de coussin facilitant les mouvements de l'organe en même temps qu'elle concourt à lui procurer une situation fixe. Ce coussin graisseux ne disparaît jamais entièrement; on le retrouve même chez les individus qui ont succombé dans le marasme.

Sourcils. — Sous ce nom on désigne deux éminences placées à la partie supérieure de l'orbite, et constituées par plusieurs éléments anatomiques. Une sorte de proéminence de l'os frontal désignée sous le nom d'arcade sourcilière, un muscle spécial (le muscle sourcilier), la peau recouverte de poils, telles sont les parties qui entrent dans la constitution des sourcils.

Les sourcils n'existent pas seulement chez l'homme; on les retrouve chez les singes où ils sont même très proéminents. Quoiqu'ils disparaissent en grande partie dans les autres vertébrés, on en retrouve néanmoins des vestiges chez quelques uns d'entre eux, où ils se présentent sous la forme de poils longs et roides.

Les sourcils, considérés spécialement dans l'espèce humaine, offrent une série de poils qui sont dirigés en haut et en dehors. Le nombre de ces poils, ou l'épaisseur des sourcils, varie en raison des différents peuples, en raison aussi des individus; il en est de même de la couleur. Généralement les peuples méridionaux ont les sourcils plus épais et plus foncés en couleur que les peuples des pays septentrionaux. Nous trouverons bientôt l'explication d'un pareil fait dans les usages attribués aux sourcils.

Ces usages ont trait à la protection de l'organe de la vue et à l'expression des sentiments de l'âme. Les sourcils abritent l'œil contre les agents extérieurs; ils retiennent en grande partie les corpuscules qui voltigent sans cesse dans l'atmosphère, et qui, portés par les courants d'air jusqu'au globe de l'œil, pourraient, en s'insinuant entre les paupières, entraver l'exercice de la vue. Ils servent aussi à absorber la sueur du front que la force de la pesanteur tendrait à faire tomber à la surface de la conjonctive. Enfin les poils des sourcils, recevant en grande partie les rayons lumineux qui tombent dans l'œil lorsque ces rayons viennent d'en haut, atténuent l'intensité d'une lumière qui serait assez vive pour blesser l'organe de la vision.

Sous le rapport de l'expression des passions, les sourcils jouent un rôle non moins important. Trois muscles, le sourcilier, l'orbiculaire des paupières, le frontal, les portent en différents sens: le muscle frontal les élève et les éloigne l'un de l'autre quand, l'individu étant ému par la joie ou l'espérance, tous ses traits s'épanouissent; le sourcilier et l'orbiculaire les rapprochent et les abaissent quand il est subjugué par la colère, la haine, l'envie, etc., et que tous les traits de la face se contractent et se resserrent.

Paupières. — Au-devant de l'œil se trouvent des voiles mobiles destinés à soustraire momentanément l'organe à l'action de la lumière; on les appelle paupières.

Leur nombre varie dans les différentes espèces animales; mais en général ils sont au nombre de trois, et dans ce cas deux sont transversaux, un troisième est vertical. On désigne ce dernier sous le nom de membrane clignotante.

Chez les poissons il n'existe pas, à proprement parler, de paupières: le poisson-lune fait exception à cette règle générale. Mais, chez presque tous les animaux qui appartiennent à cette classe, la peau, devenue transparente, passe au-devant du globe oculaire en formant une sorte de membrane analogue à la conjonctive.

Dans les reptiles, et notamment dans les serpents, on trouve une disposition qui se rapproche beaucoup de la précédente : au-devant de l'œil, se trouve une paupière immobile, transparente, semblable à un verre de montre. Chez les oiseaux, il existe manifestement trois paupières, et la paupière verticale prend un développement tellement considérable, qu'elle peut à elle seule cacher tout le globe oculaire ; bien plus, cette paupière offre un muscle spécial. Dans quelques mammifères, tels que le cheval, le lamantin, etc., on trouve un cartilage dans l'épaisseur de la troisième paupière.

Avant de déterminer les usages des paupières, nous rappellerons sommairement la manière dont elles sont constituées et la disposition qu'elles offrent chez l'homme. Nous avons déjà dit que les paupières sont au nombre de deux et que la troisième est à l'état rudimentaire. Cette dernière se présente sous la forme d'un repli de la conjonctive au niveau de l'angle interne de l'œil. Les deux paupières n'ont ni la même forme, ni les mêmes dimensions. Dans le mouvement d'occlusion des paupières, la supérieure descend plus que l'inférieure ne monte, ce qui fait que le lieu de leur rencontre est situé au-dessous d'une ligne qui représenterait le diamètre transverse de l'organe.

Si l'on examine la texture des paupières, on y rencontre, en procédant des parties superficielles vers les parties profondes, les éléments suivants : la peau, un muscle (l'orbiculaire) dont nous indiquerons tout à l'heure les usages, des cartilages que l'on désigne sous le nom de cartilages tarses, et enfin un feuillet muqueux, dépendance de la conjonctive. Ajoutons à ces éléments un appareil folliculaire, et des poils qu'on appelle *cils*.

La peau offre une grande finesse, et le tissu cellulaire qui la double est d'une grande laxité. Sans ces deux circonstances, comment les paupières auraient-elles pu exécuter les mouvements rapides dont elles sont douées? Les cartilages tarses sont propres à l'espèce humaine; on ne les retrouve pas en général dans les autres vertébrés. Ils ont pour usage d'empêcher l'enroulement sur elle-même de la peau des paupières, et déterminent en grande partie la direction de la fente palpébrale. Ils renferment dans leur épaisseur un appareil de sécrétion connu sous le nom de glandes de Meïbomius : ces glandes sont formées de follicules agrégés. Leur nombre varie pour les deux paupières; à la supérieure il en existe de trente à quarante, à l'inférieure on en trouve de vingt à trente seulement. Ces glandes sécrètent et renferment un liquide épais, jaunâtre, formé de globules semblables à ceux de la graisse. C'est ce liquide qui, se concrétant par suite de l'évaporation des parties les plus fluides, apparaît le matin au réveil sous la forme d'une petite masse jaunâtre qui occupe le grand angle de l'œil, et que vulgairement on appelle *chassie*. Le produit de sécrétion des glandes de Meïbomius remplit des usages importants: il lubrifie le bord libre des paupières, favorise les mouvements de glissement de ces voiles membraneux sur le globe oculaire, et s'oppose en partie à l'écoulement des larmes sur la joue.

Examinons à présent les mouvements des paupières, et, après cette étude, nous aurons réuni en grande partie les éléments nécessaires pour apprécier les fonctions de ces organes. Ces mouvements sont de deux ordres : les uns sont des mouvements d'occlusion, les autres des mouvements de dilatation ou d'écartement. Les mouvements d'occlusion présentent une foule de degrés, depuis celui que l'homme exécute instinctivement à chaque instant, et qui est assez faible pour passer inaperçu, jusqu'à celui qui a lieu quand il veut dérober l'œil à l'action d'une vive lumière. Dans toutes ces circonstances le mouvement de constriction a pour seul et unique agent le muscle orbiculaire des paupières. La disposition circulaire des fibres de ce muscle explique l'effet produit par sa contraction.

Le mouvement de dilatation des paupières s'effectue sous l'influence de la contraction du muscle élévateur de la paupière supérieure. Il faut aussi peut-être tenir compte de la cessation d'action de l'orbiculaire qui entraîne un léger mouvement en bas de la paupière inférieure. Quelques physiologistes admettent que la paupière inférieure peut concourir à l'agrandissement de la fente palpébrale lorsque le globe oculaire se porte en bas, et l'expliquent par la pression que le globe exerce sur cette paupière. Mais Dugès (1) rejette cette explication, tout en admettant la probabilité du fait; suivant lui, cette action du globe oculaire sur la paupière inférieure est due au repli conjonctival qui, de la face postérieure de la paupière inférieure, se porte à la face antérieure du globe de l'œil. Nous avons donné plus haut la véritable explication de ce phénomène.

Quoi qu'il en soit, les paupières s'écartent et s'abaissent alternativement. On pourrait se demander la cause finale de ce mouvement; nous essaierons de la signaler à propos des usages des paupières. Remarquons pourtant tout de suite que les mouvements qui précèdent étaient nécessaires à l'intégrité d'action des muscles des paupières : si ces voiles membraneux étaient restés continuellement écartés l'un de l'autre, le muscle élévateur de la paupière supérieure aurait été soumis à une fatigue qu'il n'eût pu supporter. Ce que nous disons à propos de l'élévateur s'applique aussi à l'orbiculaire des paupières.

D'après Bichat (2), l'occlusion de l'œil ne s'opère pas de la même manière pendant la veille et le sommeil. Dans le premier cas, le rapprochement des paupières est actif; il résulte de la contraction du muscle orbiculaire des paupières. Dans le second cas, le rapprochement est passif et dû à la chute de la paupière supérieure par suite du relâchement de son muscle élévateur.

Les paupières exécutent des mouvements, les uns volontaires, les autres semi-volontaires; ces derniers sont désignés sous le nom de *clignement*. Le clignement est un acte assez complexe : il exige d'abord le relâchement du muscle élévateur de la paupière supérieure, puis la contraction de l'orbiculaire des paupières, enfin la contraction de l'élévateur. Ces trois actes se succèdent avec une grande rapidité; ils exigent d'ailleurs une sensation préalable, connue sous le nom de besoin de cligner. Cette sensation, qui a son point de départ à la surface de la conjonctive, réclame l'intervention des filets du trijumeau, et nous citerons plus loin des expériences qui prouvent que la section intra-crânienne de ce nerf abolit, chez les animaux, la sensation du besoin de cligner. La coopération du nerf facial au clignement est d'ailleurs démontrée par l'aspect des paupières chez les individus

(1) *Physiologie comparée*, t. I, p. 223.
(2) *Anat. descriptive*, t. II, p. 15.

atteints de paralysie faciale : dans les cas de ce genre, on observe un écartement constant des paupières, l'élévateur de la paupière supérieure reste contracté sous l'influence du nerf moteur oculaire commun. Trois nerfs, le facial, l'oculo-moteur commun et le trijumeau, doivent donc concourir à l'accomplissement d'un acte presque aussi rapide que la pensée.

Les détails précédents suffisent pour nous permettre de rendre compte de l'usage des paupières. Ces organes sont destinés à soustraire les yeux à l'action incessante de la lumière : comme tous les autres sens, le sens de la vue se fatigue par la répétition incessante du même excitant, et l'on peut avoir une idée de l'importance du rôle des paupières, sous ce rapport, en ayant égard aux résultats de l'ablation de ces organes, ou bien encore aux effets de la paralysie du nerf facial; dans ces différents cas, on observe généralement une inflammation aiguë ou chronique de la conjonctive ou de l'œil lui-même. C'est également en s'abaissant au-devant du globe oculaire que les paupières le mettent à l'abri du contact des corps extérieurs. Enfin, comme nous allons le voir bientôt, les paupières ont encore pour usage d'étendre les larmes à la surface de la conjonctive.

Quant aux cils qui garnissent les bords des paupières, leur disposition est telle qu'ils se regardent par leur convexité, et que, lors du rapprochement des paupières, ils s'imbriquent les uns dans les autres, sans jamais se mêler. S'il fallait donner une preuve de l'utilité des cils, on n'aurait qu'à invoquer l'exemple d'individus qui, les ayant perdus, sont atteints d'une inflammation chronique de la conjonctive. Les cils servent en effet à éloigner de la surface de l'œil les corpuscules qui pourraient blesser cet organe délicat; comme les sourcils, ils contribuent à diminuer l'intensité d'une lumière trop vive. Lorsqu'ils sont humides, les petites gouttelettes déposées à leur surface décomposent la lumière à la manière du prisme, et le point d'où vient la lumière paraît irisé.

Appareil lacrymal. — L'appareil lacrymal présente à considérer une glande chargée de la sécrétion des larmes, des conduits excréteurs et un ensemble d'organes destinés à porter au dehors les larmes elles-mêmes.

Si nous jetons un coup d'œil rapide sur la disposition qu'offre l'appareil lacrymal dans les différentes classes d'animaux vertébrés, nous reconnaissons tout d'abord qu'il n'existe pas chez les *poissons;* et en effet en quoi eût-il pu servir à des animaux qui vivent constamment dans l'eau, et chez lesquels par conséquent le globe oculaire est sans cesse baigné par ce liquide ? Dans la classe des *reptiles* on commence à apercevoir un appareil lacrymal. Dans les serpents il existe manifestement une glande lacrymale ; celle-ci est volumineuse dans la couleuvre à collier, moins volumineuse dans les vipères (1). Les larmes sont conduites au dehors par un point lacrymal. Dans les *oiseaux*, on trouve non seulement une glande lacrymale, mais encore une glande connue sous le nom de glande de Harder; cette dernière l'emporte même en volume sur la glande lacrymale proprement dite. Il existe deux trous destinés à l'écoulement des larmes; ces trous s'ouvrent presque immédiatement dans le sac nasal situé à la base du nez (2).

Les *cétacés*, semblables sous ce rapport aux poissons, sont complétement dé

(1) J. Cloquet, *Mémoire sur l'existence et la disposition des voies lacrymales dans les serpents.* — *Mem. du Museum d'hist. nat.*, t. VII.

(2) Cuvier, *Anat. comp.*, t. III, p. 459. Paris, 1845.

pourvus d'appareil lacrymal. Il n'en est pas de même des autres mammifères, chez lesquels cet appareil acquiert un grand degré de perfectionnement. Dans le lièvre et le lapin, la glande lacrymale est très volumineuse, mais simple; dans les ruminants, elle est au contraire divisée en deux ou trois segments. Dans le lièvre, l'éléphant, le paresseux, on rencontre une autre glande, celle de Harder : cette glande, située au niveau de l'angle interne ou nasal, sécrète une humeur épaisse et blanchâtre. On ne trouve pas de points lacrymaux chez les animaux dont nous venons de parler : ces points sont remplacés, chez les lièvres et les lapins, par une fente en croissant qui existe sous le bord inférieur de la troisième paupière, et qui est l'orifice d'un canal lacrymal unique (1).

Chez l'homme, il existe une glande logée dans la fossette lacrymale de l'orbite. Cette glande, divisée en deux segments, a une structure semblable à celle des glandes salivaires : elle reçoit des nerfs qui lui viennent du rameau lacrymal de l'ophthalmique (cinquième paire) et du grand sympathique, et fournit un certain nombre de conduits excréteurs, découverts par Nicolas Sténon (2) chez le mouton, démontrés chez l'homme par Hunter (3) et Al. Monro (4). On n'est pas encore parfaitement fixé sur leur nombre : Sténon en a figuré onze chez le mouton ; suivant Sœmmerring (5), il y en aurait sept chez l'homme ; Gosselin (6) n'en a injecté que deux au moyen du mercure. La glande de Harder n'existe pas dans l'espèce humaine.

L'humeur, sécrétée par la glande lacrymale, est connue sous le nom de *larmes :* celles-ci sont constituées par un liquide clair et limpide, tout à fait inodore, mais doué d'une saveur salée. Le liquide des larmes est formé d'une grande quantité d'eau, environ quatre-vingt-dix-neuf parties sur cent ; il renferme de plus quelques sels, du chlorure de sodium, du phosphate de soude, du phosphate de chaux. On y admet encore de la soude à l'état libre. Ribes (7) a admis dans les larmes l'existence de globules arrondis, qu'il a décrits avec soin ; mais Donné (8) attribue le phénomène signalé par Ribes aux corpuscules renfermés dans la capsule extérieure du cristallin ou dans l'humeur de Morgagni.

La sécrétion des larmes est continue ; elle est influencée à la fois par le nerf de la cinquième paire et par le grand sympathique. Magendie (9) a eu l'occasion de vérifier plusieurs fois le rôle du premier ; il rapporte l'avoir piqué sur l'homme au moyen d'une aiguille fine à laquelle il appliquait ensuite le galvanisme. Cette expérience a constamment eu pour résultat d'augmenter la sécrétion des larmes. Mais, en dehors de ces conditions, d'autres circonstances modifient l'activité de la sécrétion, et, sous ce rapport, on connaît l'influence des émotions de l'âme. La joie, la tristesse, la colère, etc., arrachent des larmes à l'homme qui éprouve ces sentiments si divers. Toute irritation portée à la surface de la conjonctive ou de la muqueuse nasale produit le même effet. On observe encore une hypersécrétion des larmes dans les efforts violents, dans les actes qui entraînent la suspension momentanée de l'inspiration, tels que le rire, l'éternument, etc.

(1) CUVIER, *ouv.* et *vol. cit.*, p. 458.
(2) *De glandulis oculorum.* 1665.
(3) *Med. comment.* Londres, 1762.
(4) *Obs. anat. and physiol.* Edinburgh, 1758.
(5) *Ic. ocul. hum.*, tab. II, fig. 10, 14, 15.
(6) *Archives de médecine*, 4e série, t. III, p. 205.
(7) *Mém. d'anat., de phys. et de pathol.*, t. I, p. 214.
(8) *Cours de microscopie*, p. 486.
(9) *Précis élém. de physiol.*, t. I, p. 59. Paris, 1739.

Les larmes, sécrétées par la glande lacrymale, sont versées à la surface de la conjonctive par les conduits excréteurs. Examinons ce qu'elles deviennent alors : ici il importe d'établir une distinction entre l'état de sommeil et l'état de veille, puisque les conditions des paupières sont toutes différentes dans ces deux cas. Quelques physiologistes ont avancé que, dans l'état de sommeil, les larmes se frayaient un passage par le canal triangulaire intercepté entre le bord libre des paupières. Cette opinion a été combattue ; on a nié l'existence de ce canal et avancé que les larmes s'écoulaient par le cul-de-sac qui existe au niveau du repli de la conjonctive. Peut-être est-il permis d'admettre que les paupières exécutent, même pendant le sommeil, quelques mouvements automatiques qui favorisent le cours des larmes à la surface de l'œil : ajoutons que, selon nous, la sécrétion des larmes est d'ailleurs très ralentie pendant le sommeil.

Dans l'état de veille, les conditions du trajet des larmes sont bien différentes. Celles-ci gagnent l'angle interne de l'œil, et s'accumulent dans le sinus lacrymal qui existe en ce point. Plusieurs causes les portent dans ce sens : d'abord la direction même du bord libre des paupières, ensuite le mouvement de clignement. Non seulement l'occlusion des paupières a pour résultat d'étendre les larmes à la surface du globe oculaire, mais le muscle orbiculaire portant, lors de sa contraction, l'angle externe des paupières en dedans, doit aussi conduire les larmes dans la même direction. Les deux conditions précédentes combattent donc efficacement l'effet de la pesanteur qui tendrait à faire couler les larmes sur la joue. Mais, dans certains cas, les larmes sont déviées de leur direction normale : cela arrive quand la tête est penchée trop fortement sur le côté, ou lorsque la sécrétion des larmes est très abondante.

Arrivées au niveau de l'angle interne des paupières, les larmes passent dans les conduits lacrymaux. La manière dont s'opère ce passage a été, pour les physiologistes, un sujet de vives discussions. Rappelons d'abord que les points lacrymaux regardent tous les deux en arrière, et qu'en conséquence ils plongent dans l'humeur des larmes qui s'est accumulée à l'angle interne de l'œil. Reste donc à savoir comment les larmes passent dans les conduits lacrymaux : Petit, comparant les canaux lacrymaux et le canal nasal à un siphon dont la branche verticale serait unique et la branche horizontale double, rendait compte de l'absorption des larmes par le même mécanisme que celui du siphon lui-même; mais il oubliait qu'un siphon agit seulement après qu'il a été rempli de liquide, et d'ailleurs on peut lui objecter que, quand la tête est renversée en bas et que les deux branches du siphon ont une disposition inverse, le cours des larmes n'est pas entravé. D'autres physiologistes, en ayant égard au calibre fort étroit des conduits lacrymaux, les avaient assimilés à des tubes capillaires, et invoquaient les lois de la capillarité pour se rendre compte du passage des larmes dans leur intérieur. Sédillot a proposé une autre explication : s'appuyant sur la tendance au vide, qui a lieu dans les fosses nasales pendant l'inspiration, il se crut autorisé à admettre qu'il s'opérait une sorte d'aspiration par l'intermédiaire du conduit lacrymo-nasal à l'extrémité des conduits lacrymaux, et que la pression atmosphérique extérieure suffisait pour faire pénétrer le liquide des larmes dans ces conduits. Pour nous, il nous semble rationnel d'admettre que le passage des larmes dans les conduits lacrymaux est à la fois le résultat de la pression atmosphérique et des lois de la capillarité. Peut-être aussi doit-on adopter l'opinion de P. Bérard qui considère les petits faisceaux musculaires, connus sous le nom de *muscles d*

Horner, comme des agents dilatateurs des conduits lacrymaux, et comme adjuvants de l'absorption des larmes.

Quel que soit, du reste, le mécanisme au moyen duquel les larmes pénètrent dans ces conduits lacrymaux, il est vrai de dire qu'une fois arrivées dans ces conduits, elles passent directement dans le sac lacrymal. Elles sont ensuite portées dans le canal nasal par le fait de la pesanteur, et probablement aussi par la pression que le muscle de Horner exerce sur le sac lacrymal. Enfin les larmes arrivent à l'orifice inférieur du canal nasal, qui les transmet dans le méat inférieur des fosses nasales.

Les larmes ont pour usage de lubrifier la surface de l'œil et de lui conserver son poli et sa transparence. Elles étendent sans cesse à cette surface une couche de liquide qui empêche l'évaporation des fluides renfermés dans le globe oculaire lui-même, et doivent, en conséquence, être considérées comme protectrices de l'organe de la vue.

ORGANE ET SENS DE LA VUE DANS LA SÉRIE ANIMALE.

C'est en prenant l'homme pour type que nous venons de tracer l'histoire de la vue; il nous reste à examiner rapidement ce sens et son organe dans la série animale.

Le mécanisme de la vue et la structure du globe de l'œil étant, à peu de chose près, les mêmes chez l'homme et chez tous les mammifères, ainsi que chez les oiseaux, les reptiles et les poissons, nous ne devrons guère nous arrêter aux animaux de ces diverses classes. Au contraire, dans les crustacés, les insectes, etc., les organes visuels différant sensiblement des nôtres, nous devrons exposer avec quelques détails leurs particularités et leurs différences les plus essentielles.

En général, les *mammifères* qui cherchent leur nourriture dans une obscurité assez profonde ont les globes oculaires relativement plus gros que ceux des mammifères qui la cherchent en plein jour. Les espèces nocturnes, comme certains sapajous parmi les singes, et surtout les galagos, les tarsiers, l'aye-aye parmi les makis; les chats, les phoques, dans l'ordre des carnassiers; les écureuils, les gerboises, dans celui des rongeurs; les chevaux, parmi les ongulés, ont en effet des yeux beaucoup plus volumineux proportionnellement que les autres espèces des mêmes groupes. De plus, la cornée transparente, ainsi que l'iris, est beaucoup plus large; celui-ci est plus contractile, ce qui très probablement indique plus de sensibilité dans la rétine; la pupille, en se rétrécissant sous l'influence de la lumière, au lieu de conserver sa forme circulaire, prend ordinairement l'apparence d'une fente. Si, par sa vie souterraine, le mammifère est condamné à une obscurité complète, l'organe visuel disparaît presque tout entier, et se trouve réduit à un très petit bulbe rudimentaire entièrement recouvert par la peau : exemple, le zemni. Si l'animal vient encore quelquefois à la lumière, comme la taupe, la musaraigne, etc., l'œil, quoique minime, n'en est pas moins assez complet pour être d'un utile usage. Quant aux mammifères qui vivent dans l'eau, ils ont le cristallin plus sphérique que celui des mammifères qui vivent dans l'air, et cette disposition était indispensable pour accroître le pouvoir réfringent de l'œil qui, toutes choses égales d'ailleurs, doit rassembler les rayons lumineux avec d'autant plus de force qu'il est placé dans un milieu d'une densité plus grande. Dans les espèces

qui sortent assez souvent de l'eau, comme le castor, la loutre, etc., le cristallin offre déjà une convexité assez forte; mais celle-ci est bien plus prononcée dans les mammifères qui, comme les phoques, poursuivent, atteignent et mangent même leur proie dans l'eau. Les cétacés offrent, dans la structure de l'œil, le summum de la disposition aquatique, c'est-à-dire un cristallin presque complétement sphérique, avec une cornée transparente fort plane.

Beaucoup de mammifères ont une portion de la choroïde dépourvue de matières colorantes; cette portion, située au fond de l'œil, porte le nom de *tapis*. Elle est tantôt d'un blanc d'argent, tantôt jaunâtre, bleuâtre ou même rougeâtre. Monro et Desmoulins supposent que le tapis ajoute à la force des impressions visuelles, attendu que la rétine est traversée deux fois par les mêmes faisceaux lumineux, etc. Mais, en réalité, ses usages sont tout à fait inconnus : l'espèce de nourriture, l'époque de la journée à laquelle elle est recherchée, le milieu qu'habite l'animal (1), ne paraissent être aucunement en rapport avec son existence dans tel ou tel groupe.

Quant à la direction des yeux des mammifères, elle est très variable. Chez l'homme et les singes, ces organes sont dirigés en avant; mais à mesure qu'on descend, dans la série des mammifères, vers ceux dont les facultés cérébrales sont moins développées, on voit les yeux s'écarter toujours davantage l'un de l'autre, devenir de plus en plus latéraux, au point que l'animal ne peut voir directement devant lui, et que la sphère de la vision est tout à fait différente pour chaque œil.

L'œil des *oiseaux* est beaucoup plus grand, proportionnellement, que celui des mammifères : aussi leur vue est-elle plus développée et plus parfaite que celle de ces derniers. On sait que, élevés dans l'air à des hauteurs énormes, plusieurs oiseaux peuvent nettement distinguer, à la surface de la terre, les petits animaux dont ils se nourrissent, et fondre sur eux sans la moindre hésitation. C'est dans ces oiseaux de haut vol que Desmoulins a signalé des plis larges et multipliés de la rétine, plis qui, suivant cet observateur, en augmentant en divers points l'épaisseur de l'écran sensible, renforcent la sensation dans une grande étendue. Une expansion plissée en éventail ou à la manière d'une bourse, et toujours teinte en noir, s'élève de l'insertion du nerf optique pour se diriger vers le centre du cristallin; on a donné à cet appendice le nom de *peigne*. Ses usages sont mal définis; on a dit que le peigne servait à l'absorption et à l'exhalation de l'humeur vitrée, qu'il pouvait tirer le cristallin en arrière pour rapprocher son foyer de la rétine, qu'en adhérant fortement au corps vitré il contribuait à la fixité et à la tension des parties intérieures de l'œil, qu'il était destiné à soustraire une portion de la rétine à l'impression des objets situés devant l'animal, et à mieux isoler les deux yeux, etc.; mais, évidemment, ce sont là autant d'assertions sans aucune preuve.

Dans les oiseaux, l'iris est plus large et plus contractile que dans les mammifères; la pupille est constamment circulaire. On sait que les perroquets ont la singulière faculté de dilater ou de contracter cette ouverture, indépendamment de l'action de la lumière, et que les coucous jouissent de la même faculté, mais à un degré moindre. Aussi a-t-on supposé que, chez ces oiseaux, les mouvements de l'iris étaient volontaires.

Les espèces qui s'élèvent le plus dans les airs, qui peuvent y demeurer le plus longtemps, et apercevoir un espace immense dans tous les points de la sphère de

(1) Les cétacés ont un tapis qui est d'un blanc d'argent ou bleuâtre.

elles sont le centre, sont aussi celles dont le cristallin est le plus aplati, comme les oiseaux de proie diurnes, certains échassiers, etc. Au contraire, les espèces qui restent le plus communément à terre, comme les gallinacés et plusieurs autres genres, ont le cristallin sensiblement plus convexe. Enfin les oiseaux qui plongent souvent dans l'eau, non pas seulement pour y saisir leur proie qu'ils palpent avec leur bec, comme les canards, mais pour y poursuivre cette proie vivante, comme tous les plongeons et genres voisins, ont le plus possible l'œil d'un poisson, c'est-à-dire que le cristallin devient de plus en plus sphérique, suivant que ces habitudes sont plus ou moins prononcées. On peut se convaincre de la vérité de ces observations en comparant successivement les cormorans, les canards, les plongeons, les macareux, etc. (1).

La cornée transparente est grande, très convexe chez les oiseaux, et la sclérotique est fortifiée en avant par un cercle de plaques osseuses, logées dans son épaisseur.

Sous le rapport de leur organe visuel, c'est avec les oiseaux que les *reptiles* ont le plus d'analogie; toutefois, cet organe est bien loin d'atteindre le même degré de perfectionnement, ce qui d'ailleurs eût été sans but, puisqu'aucun de ces animaux ne quitte la terre ou ne s'élève que fort peu dans les airs. On n'y trouve que rarement quelque prolongement ayant de l'analogie avec le peigne des oiseaux; le cristallin est beaucoup plus convexe, surtout dans les espèces tout à fait aquatiques, où il est à peu près sphérique. La pupille est en général circulaire; elle est losangique dans les grenouilles, transversalement dirigée dans les salamandres, etc. Le protée et la cœcilie sont aveugles : leur œil rudimentaire consiste en un globule noirâtre situé au milieu d'une petite masse de tissu cellulaire.

Les *poissons*, vivant au sein d'un liquide dont la transparence douteuse ne semble pas devoir permettre à la vue de s'étendre bien loin, présentent, dans leur organe visuel, des dispositions propres à favoriser l'exercice de la vue dans un semblable milieu. Parmi ces dispositions, il en est une qui paraît surtout concourir au perfectionnement de ce sens, je veux parler des plis qu'on observe, chez un grand nombre de poissons, non seulement dans la rétine, mais encore dans le nerf optique et le lobe encéphalique duquel ce nerf procède : ces plis sont surtout remarquables, d'après Desmoulins, chez les poissons carnassiers, qui saisissent leur proie à de grandes profondeurs. Quant aux milieux réfringents de l'œil, on sait que le cristallin est volumineux et sphérique, qu'il fait saillie en avant et soulève l'iris, tandis que l'humeur aqueuse est nulle ou presque nulle, vu l'aplatissement considérable de la cornée. Une sorte de bride ou de peigne s'attache en arrière à la capsule cristalline. La pupille très large est peu ou point contractile : Cuvier nie toute contractilité, et Sœmmerring le fils a exposé aux rayons du soleil, concentrés à l'aide d'une lentille, l'œil d'un brochet vivant sans déterminer aucun mouvement dans l'iris; au contraire, Lacépède assure que différentes espèces peuvent assez contracter leur pupille pour lui donner la forme d'une fente verticale ou horizontale, mais il ne cite pas les poissons qui jouissent de cette faculté.

D'après de Blainville (2), qui est porté à admettre chez les espèces voraces un

(1) DE BLAINVILLE, *Principes d'anat. comp.*, p. 406.
(2) *Ouv. cit.*, p. 428.

grand développement de l'appareil visuel, les poissons voyageurs et de haute mer ont aussi tous des yeux très grands, très développés, comme les maquereaux, les harengs, les merlans, etc., tandis que les espèces sédentaires et littorales offrent une disposition contraire. Celles qui vivent habituellement dans la vase ont, en général, un organe de vision moins parfait que celles qui vivent dans l'eau transparente, et surtout que celles qui viennent souvent à sa surface. C'est, en effet, parmi les premières que se trouvent les deux seules espèces de poissons entièrement privées de l'organe et du sens de la vue : la myxiné et l'aptérichte de Duméril.

La plupart des *animaux articulés* possèdent le sens de la vue. Leurs yeux, qui semblent si singulièrement construits relativement aux nôtres, se divisent en *simples* et en *composés*.

Ces derniers, qu'on nomme encore *yeux à réseau ou à facettes* et qui appartiennent presque exclusivement aux crustacés et aux insectes, résultent de l'agglomération de tubes rayonnés, ayant chacun une cornée transparente, un corps vitré, un enduit de matière colorante et un filament nerveux particuliers : il est des insectes chez lesquels on compte jusqu'à 25,000 de ces tubes. Les cornéules, qui ferment ceux-ci extérieurement, sont ordinairement tétragonales dans les crustacés, hexagonales dans les insectes, et recouvertes à leur face interne d'une couche opaque de pigment choroïdien : c'est de l'absence de ce pigment, vers le centre de chaque cornéule, que résulte une tache obscure, une sorte de pupille qu'il est surtout facile de distinguer sur l'œil composé des sauterelles, des mantes, des libellules, etc. Presque tous les insectes sont pourvus de deux de ces yeux composés, le plus souvent situés sur les côtés de la tête.

Quant aux yeux simples, qu'on appelle aussi *yeux lisses*, *stemmates* ou *ocelles*, chacun se compose : 1° d'une cornée transparente, en général très convexe; 2° d'un cristallin dense, lenticulaire ou sphérique, appliqué derrière la cornée; 3° d'un corps vitré, moins dense, mais plus épais et plus large que cette lentille, environné par l'expansion rétinale du nerf optique, qui est elle-même recouverte d'une couche épaisse de matière colorante. La structure des stemmates a donc de l'analogie avec celle de chacun des éléments des yeux composés. Du reste, il est fréquent de voir ces deux sortes d'organes coexister chez un même animal : on trouve cette coexistence dans quelques crustacés (limule polyphème, cyame, apus, etc.), et dans les insectes orthoptères, hémiptères, névroptères, hyménoptères, etc. ; à quelques exceptions près, les yeux simples sont réunis en groupe, au nombre de trois, vers le sommet de la tête et entre les deux yeux composés.

On suppose, et tout porte à admettre cette hypothèse, que les stemmates des insectes ne sont destinés qu'à la vision des objets les plus voisins, tandis que les yeux à réseau voient les objets éloignés. Dugès (1) dit avoir reconnu expérimentalement, comme Réaumur et Marcel de Serres, que les insectes se passent beaucoup mieux de leurs stemmates que de leurs yeux composés; il n'a pu en déduire aucune autre conclusion certaine, si ce n'est qu'il leur restait, avec ces premiers « la distinction des ténèbres et de la lumière. » Les mantes qui, seules parmi les insectes, tournent le devant de leur tête vers les objets propres à fixer leur attention, continuent à exécuter ce mouvement, lors même qu'on a détruit ou couvert les yeux

(1) *Traité de physiol. comp.*, t. I, p. 322.

simples; les guêpes, les sauterelles volent et sautent comme avant l'opération. Dugès est d'ailleurs porté à admettre aussi, avec J. Müller (1), que de tels yeux ne sont bons qu'à voir des objets très rapprochés, et à croire qu'ils sont destinés, comme ceux des limaçons, à faciliter la recherche des aliments, la manducation : ils sont effectivement les seuls organes de vision des larves, qui n'ont autre chose à faire que de se nourrir.

On ne sait rien de précis sur le mécanisme de la vision chez les insectes, à l'aide de leurs yeux composés. Si l'on pouvait démontrer que chaque stemmate fonctionne comme l'œil de l'homme, ce ne serait point encore une raison de conclure que, dans les yeux composés, il y a seulement répétition du même mécanisme autant de fois qu'il y a de cornéules représentant des stemmates ou ocelles : car, malgré les analogies indiquées plus haut, on doit se rappeler que les stemmates, dont se compose l'œil à réseau, ont une forme particulière, qu'ils sont toujours pyramidaux ou coniques et allongés, tandis que les vrais stemmates sont toujours sub-globuleux et courts. Il ne saurait donc y avoir ici aucun effet analogue à celui de la chambre obscure, aucun croisement de faisceaux dirigés vers le fond de chaque ocelle, ce fond n'étant qu'un point pour ainsi dire géométrique, et tout faisceau croisé, arrivé sur les parois du cône transparent, devant être absorbé par le pigment choroïdien (2). Supposons les tubes ou prismes oculaires disposés de manière à ce que leur axe soit dirigé suivant le prolongement d'un des rayons de la surface courbe représentée par l'extrémité renflée du nerf optique : avec un tel arrangement, tout point lumineux, placé en avant de l'appareil, enverra bien des rayons qui tomberont sur toute la surface externe des tubes, mais ceux qui rencontreront ces prismes, avec une certaine obliquité, arrivant sur les parois, avant de pénétrer jusqu'à la surface sensible, seront absorbés par le pigment et n'auront aucune influence. Il n'y aura que le pinceau très étroit, tombant suivant l'axe de l'un des prismes, qui, ne trouvant pas d'obstacle à son mouvement rectiligne, arrivera à l'extrémité nerveuse, et produira un ébranlement correspondant au point lumineux extérieur. Le même raisonnement fait comprendre comment chacun des points d'un objet donne la sensation d'un point unique, et comment on arrive de la sorte à la production d'une image. Les rapports de distance, d'intensité, de coloration de l'objet peuvent donc ainsi être appréciés, dans certaines limites, par l'être doué d'un appareil construit d'après ces principes. Mais il est manifeste que la quantité de lumière, éliminée par la portion absorbante de l'organe visuel, étant très grande, l'image obtenue, tout en ayant une certaine netteté, ne devra offrir qu'une intensité assez faible. On peut prendre une idée de l'image qui se produit, au moyen de tels appareils, en comparant celle-ci soit à une mosaïque d'une grande finesse, soit à un dessin coloré obtenu par des points très rapprochés.

Dans les arachnides, les yeux semblent être construits d'après le même principe que ceux des animaux vertébrés. Ils sont toujours *simples* et en nombre assez considérable : on en compte ordinairement huit, et l'on distingue dans chacun d'eux une cornée transparente, derrière laquelle se trouvent un cristallin, une humeur vitrée, puis une rétine qui est formée par l'expansion d'un nerf optique et enveloppée de matière colorante.

(1) *Zur vergleichenden Physiol. des gesichtssinnes*. Leipzig, 1826.
(2) DUGÈS, *ouv. cit.*, t. I, p. 329.

Quoique l'œil des *mollusques* soit le plus souvent rudimentaire et qu'il disparaisse rapidement dans un grand nombre de ces animaux, il est pourtant certaines espèces favorisées chez lesquelles l'organe visuel renferme toutes les parties essentielles à celui des animaux supérieurs, même l'iris et le corps ciliaire : c'est dans les céphalopodes qu'on peut faire de semblables observations (1).

L'œil des mollusques est quelquefois sessile et même tout à fait immobile; d'autres fois il est porté sur une sorte d'appendice qui peut le diriger dans divers sens. D'après Swammerdam, parmi les gastéropodes, le limaçon offre, à l'extrémité de son tentacule supérieur, un véritable œil, formé d'une choroïde, transparente en avant, noire en arrière, et contenant un fluide vitré dans lequel est suspendu un cristallin lenticulaire et très mou. Du reste, cet organe visuel ne semble guère pouvoir servir qu'à la vision d'objets très rapprochés, car les limaçons n'évitent pas les obstacles qu'on leur présente, à moins que ces obstacles ne soient tout près de leurs tentacules.

Parmi les ptéropodes, les cliodores et les cymbulies semblent posséder le sens de la vue, qui, au contraire, manque aux clios, aux pneumodermes et aux hyales. Il n'y a pas d'yeux chez les mollusques acéphales : un tel organe leur eût été inutile, puisque la plupart ne quittent point le lieu de leur naissance.

Plusieurs *zoophytes* paraissent être sensibles à l'action de la lumière : aussi a-t-on décrit, dans plusieurs genres, comme les planaires, les béroés et les méduses, des points colorés que l'on a considérés comme étant des yeux. La vérité est que, jusqu'à présent, on est loin d'avoir fait des observations propres à démontrer l'existence de la vision chez les zoophytes même les plus élevés.

SENS DE L'OUIE.

DU SON OU AGENT EXCITATEUR DES IMPRESSIONS AUDITIVES.

Avant d'aborder l'étude du sens de l'ouïe, il importe de rappeler les diverses propriétés du son et les causes physiques capables de le produire.

Quand, par une action mécanique, les molécules d'un corps sont écartées de leur position d'équilibre, on observe constamment qu'elles tendent à y revenir. Mais le retour à leur état primitif s'opérant en vertu d'une force accélératrice, l'*élasticité*, elles arrivent à leur point de repos avec une certaine vitesse acquise qui les oblige à faire une excursion dans une direction opposée; d'où une série d'allers et de retours qui durent pendant un temps plus ou moins long. Ce mouvement vibratoire a été supposé comparable aux oscillations du pendule, et cette hypothèse s'est vérifiée par l'usage qu'on en a fait dans la recherche des lois auxquelles sont soumises les vibrations des substances pondérables.

Les ondulations, déterminées dans les molécules d'une substance, se communiquent aux corps environnants; de là, une perte de force qui limite nécessairement leur durée.

(1) Pour la description de l'œil de la seiche, du poulpe et du nautile, consulter : DE BLAINVILLE *Principes d'anat. comp.*, p. 441; — CUVIER (G.), *Mém. pour servir à l'hist. des mollusques* Paris, 1817, in-4°, fig.; — R. OWEN, *Mem. on the pearly nautilus*, etc. London, 1832, in-4° avec 8 pl.

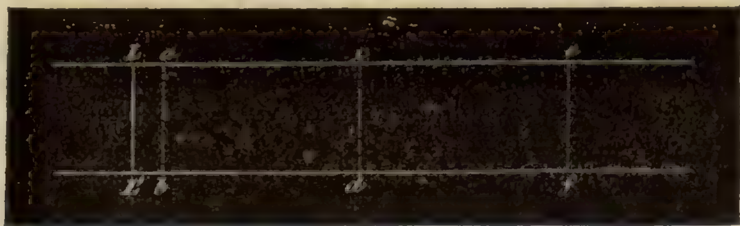
Toutes les fois qu'il existe une série non interrompue de milieux matériels, entre un corps élastique vibrant avec rapidité et l'appareil auditif, il en résulte sur ce dernier une impression spéciale, qui, transmise au *sensorium* par le nerf acoustique, donne lieu à la sensation du *son*. Il y a donc deux choses essentiellement distinctes à considérer dans le son : d'un côté, le mouvement vibratoire qui en est l'origine ; de l'autre, l'action produite par ce mouvement sur un appareil sensitif déterminé.

Tous les corps de la nature, pourvu que leur élasticité soit suffisante, sont susceptibles de vibrer et de devenir ainsi des corps sonores. Quelques exemples suffiront pour mettre en évidence les oscillations moléculaires des corps sonores et les mouvements généraux de leur masse qui en sont la conséquence : on se rappelle les incurvations d'une corde tendue qu'on fait vibrer, incurvations qui se traduisent par une apparente amplification de son volume ; on se souvient encore du frémissement ressenti en appliquant légèrement le doigt sur une cloche de verre, pendant qu'elle engendre un son, etc.

Entre le corps vibrant et l'appareil auditif, il faut, avons-nous dit, une matière pondérable quelconque pour que le son soit perçu. Si nous entendons les divers sons produits autour de nous, c'est que nous sommes placés dans l'air, et que ce corps gazeux est pour notre oreille le véhicule des ondes sonores. Il en est de même de l'eau, quand nous sommes plongés dans ce liquide ; c'est un phénomène analogue qui nous fait percevoir les divers sons qu'on peut produire à l'extrémité d'un corps solide en contact immédiat avec les portions extérieures de notre appareil auditif.

On peut prouver, par une expérience fort simple, qu'un milieu pondérable est nécessaire à la propagation du son. Sous la cloche d'une machine pneumatique, on place un timbre métallique dont le marteau est mis en mouvement au moyen d'un ressort d'horlogerie ; ce timbre repose d'ailleurs sur des substances molles et peu propres à transmettre le son aux solides environnants. Tant que le timbre est plongé dans l'air, les ondes sonores arrivent à l'oreille et produisent une sensation auditive ; mais, aussitôt que l'air est suffisamment raréfié et le vide presque complet, toute perception cesse, quoique les vibrations du timbre persistent encore, grâce aux ébranlements mécaniques qu'il reçoit.

Pour faire comprendre comment le milieu, interposé entre l'organe de l'ouïe et le corps mis en vibration, sert à la propagation des ébranlements qui deviennent l'origine du son, prenons l'exemple d'un milieu gazeux, de l'air. Afin de simplifier le problème, nous choisirons le cas où les ondes sonores se transmettent suivant une direction unique bien connue. Soit un tuyau cylindrique d'une section assez petite et d'une longueur indéterminée ; à l'une de ses extrémités se trouve une



lame élastique L L′, disposée perpendiculairement à l'axe du cylindre, et dont les limites d'excursions sont comprises entre L L′ et *a b*. Considérons l'état de la colonne d'air contenue dans le tuyau, quand cette lame s'est transportée de L L′

en *a b*. A ce moment précis, si la lame s'est arrêtée, nous voyons que la colonne d'air a éprouvé une compression. Mais, en vertu de l'élasticité de l'air, l'impulsion ne s'est pas transmise à toutes les tranches d'air parallèles à la lame ; il existe, dans la colonne d'air, après le temps employé par la lame pour accomplir son mouvement de L en *a*, une tranche telle que *c d*, qui n'a pas encore reçu d'ébranlement, mais qui est sur le point de le recevoir. La portion de colonne d'air comprise entre *a* et *c* est ce que l'on nomme une longueur d'*onde*. Les molécules d'air de cette onde sonore ne sont pas toutes dans le même état quand la lame élastique s'arrête en *a b*. Si cette lame a atteint cette position en vertu de son élasticité, il est facile de voir, en réfléchissant à la nature de son mouvement, que la vitesse et la compression sont nulles dans les tranches *a b* et *c d*, qu'elles vont en croissant vers les tranches qui occupent le milieu de l'onde.

Mais le mouvement impulsif, communiqué à la longueur *a c*, ne s'arrête pas à cette portion de la colonne d'air ; il se transmet, dans la deuxième unité de temps, à une longueur *c e* égale à *a c*, et la communication se fait de telle sorte que chacune des tranches de la deuxième onde présente exactement la vitesse et la compression des tranches correspondantes de la première. Il semble donc que l'onde se transporte ainsi successivement dans toute la longueur du tuyau, en conservant les mêmes qualités dans ses parties constituantes.

Si la lame s'arrêtait en *a b* indéfiniment, l'onde continuerait à se propager dans le tuyau jusqu'à son extrémité, et chacune des tranches d'air successivement ébranlées, rentrerait dans le repos après avoir cédé sa quantité de mouvement à la tranche qui se trouve en avant d'elle.

Pour comprendre, d'une manière complète, le phénomène de la propagation des ondes sonores, il importe de remarquer que la lame tend à revenir à sa position initiale L L′, en passant par les mêmes périodes de vitesse ; elle détermine, dans la colonne gazeuse comprise dans le tuyau, une action inverse de la première, elle tend à dilater l'air d'une quantité correspondante à l'espace L L′, *a b*. Mais ici l'élasticité de l'air manifeste son influence comme dans le cas d'une compression ; le mouvement apulsif des molécules d'air ne se transmet pas à tout le cylindre gazeux dans l'unité de temps, mais seulement jusqu'à une certaine distance qui est précisément la même que lors d'une compression, si le mouvement de *a* en L s'est opéré dans le temps employé d'abord par la lame à se transporter de L en *a*. Du reste, la constitution de cette onde sera, pour les vitesses et les dilatations, identique avec celle de l'onde primitive. La vitesse et la dilatation des tranches *a b* et *c d* seront nulles, le maximum de vitesse et de dilatation existera dans les tranches situées au milieu de la longueur d'ondulation, lorsque la lame atteindra la position L L′.

On donne à l'onde, produite dans le premier mouvement de la lame, le nom d'*onde condensante ;* à celle qui est produite dans le second, le nom d'*onde dilatante :* cette dernière variété de mouvement se transmet d'ailleurs de la même manière que la première, dans les unités de temps qui suivent le moment de l'ébranlement direct ; et, dans les instants consécutifs, les diverses tranches de la colonne d'air sont occupées, tantôt par l'onde condensée, tantôt par l'onde dilatée. Si l'on imagine, en un point quelconque de la colonne d'air, une membrane mince, celle-ci partagera les états divers de la tranche à laquelle elle correspond. C'est ainsi que l'ébranlement moléculaire d'un corps élastique est transmis par les ondulations de l'air jusqu'à notre appareil auditif.

Quand on connaît le mode de propagation du son, suivant une direction déterminée, il est aisé de comprendre comment s'opère librement le phénomène des ondulations sonores dans un milieu homogène. Si l'on réduit le centre d'ébranlement à un point, il est évident que les ondes condensantes et dilatantes naissant de ses vibrations, au lieu d'être planes, comme dans l'exemple choisi en premier lieu, se propageront suivant des surfaces sphériques dont le centre sera au point ébranlé. L'étendue de la surface des ondes sonores croît à mesure que l'on s'éloigne du centre d'ébranlement : or, en supposant que la force vive, communiquée par le corps vibrant aux couches sphériques concentriques, puisse se transmettre sans perte à toute l'étendue de celle-ci, il n'en résultera pas moins, pour chacun des points de chacune d'elles, un affaiblissement proportionnel à leur étendue. La géométrie prouve que la surface de ces sphères croît comme le carré de leur distance au centre d'ébranlement ; l'intensité du mouvement ondulatoire, suivant une direction déterminée, sera donc en raison inverse du carré de la distance au corps vibrant.

Notre but étant seulement de rappeler les notions d'acoustique les plus indispensables à l'intelligence des phénomènes de l'audition, nous nous bornerons à cette exposition du mode de propagation des ondes sonores dans un milieu pondérable. On peut se faire une idée de ce qui se passe dans les liquides et les solides, quant à la transmission de ces ondes progressives, en se basant sur les principes précédemment exposés.

Il est important de faire observer que le cas d'un système d'ondes émanant d'un centre unique d'ébranlement ne se réalise jamais dans la nature. Quand un corps vibre, il exécute simultanément diverses espèces de vibrations, et chacune d'elles imprime un mouvement particulier au milieu qui les transmet. Il est remarquable que le nombre de ces ondulations, quelque grand qu'il soit, ne nuit en rien à la propagation de chacun des systèmes, et les ondes, émanant de différents centres d'ébranlement, se transmettent dans le même milieu, comme s'il était dans un repos absolu. Nous nous bornons à signaler ce fait, sans essayer d'en donner ici l'explication basée sur un des principes les plus importants de la mécanique rationnelle.

Un grand nombre de phénomènes démontrent que les ondes sonores se réfléchissent d'après les mêmes lois que la lumière. Quelques physiciens ont cherché à prouver que les ondes sont également soumises à la réfraction, et qu'elles peuvent interférer entre elles : on a même été jusqu'à vouloir démontrer qu'il existe, pour les ondes sonores, une polarisation analogue à celle de la lumière. Mais ces résultats sont plutôt du domaine de l'analyse que du ressort de la physique expérimentale.

Vitesse du son. — On désigne par vitesse du son l'espace que parcourt une onde sonore, suivant une direction déterminée, pendant l'unité de temps.

On comprend que, pour déterminer cette quantité dans l'air et dans l'eau, il suffit de connaître le temps employé par un son pour se transmettre entre deux points dont la distance est connue. La seconde valeur, divisée par la première, donne un quotient qui exprime la vitesse de propagation des ondes sonores dans le milieu où se fait l'expérience.

Ce n'est pas ici le lieu d'exposer les expériences mémorables qui, à plusieurs époques, ont été faites pour arriver à la solution de cette question relativement à

l'air. On sait maintenant, avec une certitude presque absolue, que les ondes sonores se propagent, dans ce milieu, avec une vitesse de 333^{m}, à la températur de 0°.

Newton avait déjà déterminé approximativement la vitesse du son dans l'air, a moyen de l'analyse. La formule de Newton est la suivante : $V = \sqrt{\frac{e}{d}}$. V est l vitesse, e l'élasticité du gaz dans lequel s'opère la propagation des ondes sonores d la densité de ce même milieu.

La vitesse du son, dans l'air, déduite de cette formule, est 279^{m},3 à la tempéra ture de 0°. A la température θ quelconque, l'expérience donne donc, pour vitess du son dans l'air, $V = 333 . \sqrt{1 + \alpha\theta}$, et la formule de Newton, $V = 279^{m},3$ $\sqrt{1 + \alpha\theta}$. Le facteur, compris sous le radical, est nécessaire dans l'expression d la vitesse du son, puisqu'on sait que l'élasticité de l'air croît avec la températur α exprime le coefficient de dilatation de l'air.

On voit que la valeur, obtenue par l'expérience, diffère notablement de celle qu est fournie par le calcul. C'est que Newton avait négligé d'introduire dans son ana lyse une donnée importante, celle qui dépend de l'influence exercée sur le rappo de l'élasticité à la densité, par les variations de température qui accompagnent l condensations et les dilatations nécessaires à la propagation du mouvement ondula toire dans un milieu gazeux quelconque. C'est Laplace qui, le premier, tint comp de cette condition, et il démontra que, pour faire coïncider les résultats fourn par la formule de Newton avec ceux que donne l'expérience il faut multiplier valeur $\sqrt{\frac{e}{d}}$ par le rapport $\frac{c}{c'}$ qui indique le quotient obtenu en divisant la cha leur spécifique de l'air sous pression constante c, par la chaleur spécifique so volume constant c'. La formule, qui indique la vitesse du son dans l'air, est don

$$(b) \qquad V = \sqrt{\frac{e}{d}\,(1 + \alpha\theta)\,\frac{c}{c'}}$$

Les expérimentateurs, qui ont déterminé directement la vitesse du son da l'air, ont fait quelques observations qui ne sont pas sans intérêt et qui confirme en tous points les résultats de la formule de Laplace.

On a constaté aussi que le son est transmis plus rapidement dans une mas d'air agitée, quand la direction du vent est la même que celle des ondulatio progressives : l'effet inverse a lieu dans le cas contraire.

Il est évident, d'après la nature des éléments qui entrent dans la formule (b que la vitesse du son varie dans les différents gaz. Il nous suffit d'indiquer ce fa car il serait superflu d'exposer ici, avec détail, les méthodes indirectes qui o permis à Dulong d'en vérifier l'exactitude et de donner les nombres qui exp ment cette valeur pour les divers fluides élastiques.

L'appareil auditif renfermant, au nombre de ses parties les plus importante des liquides et des solides, nous devons dire quelques mots de la propagation ondes sonores dans ces milieux.

L'élasticité de ces divers corps, mise en évidence par de nombreuses exp riences, ne permet pas de douter que les ondulations sonores s'y transmettent d'u

manière analogue à celle que nous avons fait connaître en traitant des fluides élastiques proprement dits.

Quant à la vitesse du son dans les liquides et les solides, elle est beaucoup plus grande que dans les gaz. Laplace a donné une expression analytique de cette valeur qui s'applique également aux deux premiers genres de milieux. Si g représente l'intensité de la pesanteur, e la variation de longueur d'un cylindre liquide ou solide, d'une hauteur égale à l'unité de longueur, soumis à une pression ou à une traction égale à son poids, la vitesse V du son, dans cette matière, sera donnée par la formule :

$$V = \sqrt{\frac{g}{e}}.$$

Quand on substitue les valeurs numériques, données par l'expérience, aux quantités algébriques que renferme cette formule, on trouve que la vitesse du son dans l'eau est de $1,421^{m}$ par seconde.

Il est permis d'avoir foi dans la formule de Laplace, car Colladon et Sturm, qui ont déterminé expérimentalement la vitesse du son dans l'eau sur le lac de Genève, ont trouvé $1,435^{m}$; nombre qui diffère très peu de celui qui est déduit du calcul. On voit que la propagation des ondes sonores s'opère avec une rapidité quatre fois et demie plus grande dans l'eau que dans l'air.

La vitesse du son est encore beaucoup plus considérable dans les corps solides. Des expériences précises et directes manquent sur ce point de l'acoustique ; mais le résultat que nous énonçons, bien que facile à vérifier par des procédés grossiers, est démontré avec rigueur dans la théorie des vibrations longitudinales des verges. Biot a trouvé, dans une expérience faite par une méthode peu rigoureuse, que le son se propage dans la fonte, environ dix fois et demie plus vite que dans l'air.

En résumé, on voit que la vitesse de propagation des ondulations sonores va successivement en croissant dans les gaz, dans les liquides et les solides.

Propriétés du son. — Après avoir démontré comment les vibrations moléculaires des corps deviennent l'origine de mouvements ondulatoires qui, transmis à l'oreille, donnent lieu à une impression spéciale, il est nécessaire de faire connaître les propriétés fondamentales du son. Ces notions sont indispensables pour pouvoir comprendre diverses particularités de l'histoire physiologique du sens de l'ouïe.

Pour prévenir toute erreur, nous devons faire observer, avant d'aller plus loin, qu'il existe dans le langage une confusion regrettable relativement au mot *son*. C'est ainsi qu'on dit d'un son qu'il est agréable ou désagréable, en faisant allusion à la sensation elle-même ; on comprend aussi, sous la même dénomination, les ondulations des milieux qui transmettent le mouvement oscillatoire, quand on parle de la vitesse du son dans l'air, dans l'eau, dans un solide. Il est bon de signaler ces diverses acceptions d'un même mot, tout en se conformant au langage généralement adopté.

On reconnaît au son quatre propriétés fondamentales : la *durée*, l'*intensité*, la *hauteur* et le *timbre*. Nous allons essayer de définir chacune d'elles, et de faire comprendre leurs conditions matérielles.

La *durée* d'un son qui affecte l'organe auditif est déterminée par la durée totale du mouvement vibratoire dans le corps directement ébranlé. Evidemment il doit en être ainsi, puisque la première ondulation sonore, ainsi que la dernière, arrive à l'appareil sensorial après un temps identique.

Les observations les plus simples prouvent que l'*intensité* du son, dans le lieu même de sa génération, augmente avec l'amplitude des mouvements vibratoires qui en sont l'origine.

On constate encore que la force de l'impression, produite sur l'appareil auditif, décroît à mesure qu'on s'éloigne du corps vibrant. Mais ces résultats d'une expérience de tous les jours peuvent être présentés avec une grande rigueur, si l'on tient compte des conditions mécaniques qui accompagnent la sensation auditive. C'est ainsi qu'on démontre, en physique, que l'intensité d'un son est proportionnelle au carré de l'amplitude des vibrations des ondes élémentaires qui parviennent à l'organe de l'ouïe.

En traitant du mode de propagation des ondes sonores dans l'air, nous avons déjà dit que, dans un milieu homogène où les ondes se propagent sphériquement, l'intensité du mouvement ondulatoire décroît, sur une même ligne droite passant par le centre d'ébranlement, comme le carré de la distance au corps mis en vibration. On comprend que l'impression, produite par les ondulations sur l'appareil auditif, devra varier avec la distance d'après une loi identique. Cette loi ne saurait être vérifiée par des moyens exacts; nous manquons, en effet, des procédés organiques nécessaires à l'appréciation rigoureuse de l'intensité des perceptions auditives.

Si les ondes sonores se transmettent dans un espace cylindrique suivant la direction de son axe, la théorie indique que le son engendré par elles doit conserver indéfiniment la même intensité. On voit que, dans ce cas, les tranches d'air successivement ébranlées ont la même étendue dans toutes les portions du cylindre. Ce résultat théorique peut être vérifié expérimentalement, en produisant des sons très faibles à l'extrémité de tuyaux d'une grande longueur; alors on constate, en effet, que l'intensité du son ne subit pas de diminution appréciable. Chacun connaît aujourd'hui les nombreuses applications qui ont été faites de cette propriété des tuyaux cylindriques. Toutefois, l'intensité du son ne se conserve pas intégralement dans les circonstances que nous indiquons, à cause des pertes de force vive dues à une sorte de frottement des couches gazeuses sur les parois du cylindre solide qui les limite.

Lorsqu'un corps sonore vibre avec une énergie constante, que sa distance à un observateur ne varie pas, il est plusieurs conditions physiques capables de modifier l'intensité des impressions perçues par ce dernier. Il importe de faire connaître ces conditions.

L'expérience a prouvé, depuis longtemps, que l'intensité du son croît avec la densité du gaz dans lequel a lieu sa génération. Un timbre, dont les vibrations ne cessent pas d'être identiques, résonne, sous la cloche d'une machine pneumatique avec beaucoup moins de force, quand l'air dans lequel il est plongé a subi une raréfaction notable, que quand la densité de ce fluide est égale ou supérieure à celle de l'air ambiant.

Un autre fait important a été mis en évidence; c'est que, pour une même distance et un mouvement vibratoire primitif de même énergie, l'intensité du son perçu ne dépend que de la densité de la couche de fluide où se trouve le corps vibrant. Il suit de là que l'intensité du son, à la distance considérée, est la même que quand le milieu est homogène physiquement et offre la même densité que la couche où se produisent les vibrations. Si donc un observateur, placé à une grande hauteur dans un air raréfié, entend un son engendré à la surface de la terre dans

des couches plus denses, l'impression qui en résulte pour lui sera la même que celle éprouvée par un observateur situé dans la couche primitivement ébranlée, et qui serait à la même distance du centre des vibrations. La réciproque sera également vraie, si le son est produit initialement dans les couches de moindre densité.

La diminution d'intensité du son, dans un milieu gazeux homogène dont la densité est plus faible que la densité atmosphérique moyenne, a frappé tous les observateurs qui se sont élevés à de grandes hauteurs au-dessus du niveau des mers, soit en gravissant des montagnes, soit en faisant des ascensions aérostatiques.

Des effets inverses ont été notés par les personnes qui ont été placées dans un air plus dense que l'air normal, au moyen des appareils à compression de Tabarié.

On a observé que les mêmes vibrations produisent des sons plus intenses la nuit que le jour. A quelle cause attribuer cet accroissement nocturne de l'intensité du son? Pendant longtemps, on a cru que les sons vagues et nombreux, qui se produisent pendant le jour près des lieux habités, causaient une apparente diminution d'intensité pour chacune des impressions isolées que l'on perçoit. Mais, comme l'a fait remarquer Al. de Humboldt, le même phénomène a lieu également dans les vastes forêts de l'Amérique, où mille bruits, qui n'existent pas pendant le jour, surgissent de toutes parts durant la nuit. Il paraît plus rationnel de se ranger à l'opinion de ce savant et d'admettre que le défaut d'homogénéité des couches atmosphériques, dû à l'échauffement diurne, est la cause de réflexions nombreuses pour les ondes sonores et tend à diminuer l'intensité du son suivant une direction déterminée.

Les sons, qui affectent l'organe de l'ouïe, sont tantôt graves et tantôt aïgus; on dit alors que leur *hauteur* ou leur *tonalité* varie. Il existe une foule d'expériences, les unes vulgaires, les autres instituées par les physiciens, qui prouvent que la hauteur d'un son dépend uniquement du nombre de vibrations exécutées dans l'unité de temps par le corps primitivement ébranlé. Plus le nombre de ces dernières est grand, plus le son est aigu; plus il est petit, plus le son devient grave.

Mais le nombre de vibrations susceptibles de produire la sensation auditive n'est pas indéfini : il est compris entre deux limites, l'une inférieure pour les sons graves, correspondant au plus petit nombre de vibrations capables de produire une impression continue; l'autre supérieure pour les sons aigus dus à un nombre de vibrations assez grand pour qu'au delà il n'y ait pas de sensation produite.

La détermination exacte de ces limites des sons a été un sujet d'études pour divers observateurs. Nous ne pouvons indiquer ici tous les procédés auxquels ils ont eu recours dans ces recherches délicates; qu'il nous suffise de faire connaître les résultats auxquels ils sont parvenus.

Wollaston (1) pense que les limites des sons perceptibles ne peuvent guère être déterminées avec précision. Il croit que les vibrations d'un corps solide sont encore susceptibles de produire une sensation auditive, lors même qu'elles peuvent être appréciées par le tact et presque comptées à l'aide de ce moyen.

Les sons les plus graves, perceptibles par l'oreille humaine, correspondent à 30 vibrations simples suivant Chladni (2).

Biot (3) admet, pour cette limite inférieure, 32 vibrations simples, ce qui correspond au son le plus bas de l'orgue.

(1) *Annales de chimie et de physique*, t. XVI, p. 208.
(2) *Acoustique*, p. 6.
(3) *Physique expérimentale*, t. I, p. 342.

Sauveur (1) donne pour limite inférieure des sons, celui qui correspond à 25 vibrations simples par seconde. Savart (2), dans un des mémoires les plus importants qui aient été publiés sur ce sujet, considère, comme pouvant être classés dans l'échelle musicale, les sons compris entre 16 et 48,000 vibrations simples.

Ces résultats présentent, comme on le voit, peu de concordance; mais nous pensons que le travail récent de Despretz (3) a jeté un nouveau jour sur la question.

C'est en faisant résonner des diapasons de dimensions tantôt énormes, tantôt excessivement petites, que cet observateur est parvenu à déterminer, d'une façon tout à fait rigoureuse, que les sons classifiables, c'est-à-dire qui peuvent être comparés à un terme quelconque de l'échelle musicale, sont compris entre les deux limites suivantes : 32 vibrations simples pour le son le plus bas, et 73,000 pour le son le plus élevé.

Il est probable, comme le fait observer Despretz (4), que ces limites ne sont exactes que pour les personnes douées d'un excellent organe auditif. Ce qu'on doit tenir pour certain, c'est que les nombres de vibrations, qui ne produisent plus d'impressions comparables sur aucune oreille humaine, se trouvent très rapprochés de ceux que nous venons de citer d'après Despretz ; nombres qui sont, comme on le voit, très différents de ceux auxquels Wollaston, Sauveur, Chladni et Savart s'étaient arrêtés d'après leurs expériences.

L'intensité et la tonalité de deux sons étant parfaitement identiques, il arrive, dans la majorité des cas, que ces deux impressions sont très dissemblables et ne peuvent, en aucune façon, être confondues par l'organe de l'ouïe. C'est ainsi que jamais des sons, de même hauteur et de même intensité, tirés d'une flûte, d'un violon, ou d'un hautbois, n'offriront les mêmes caractères et ne seront pris l'un pour l'autre même par un auditeur peu expérimenté.

Cette propriété essentielle aux sons constitue ce que l'on nomme leur *timbre*. Il est difficile d'assigner, avec précision, les conditions matérielles auxquelles le timbre doit son origine. Il est probable qu'elles sont multiples; les physiciens eux-mêmes n'ont que des conjectures à présenter sur ce point intéressant de l'acoustique.

On constate expérimentalement que le son d'un instrument à vent de même espèce varie beaucoup dans son timbre, suivant la nature de la substance qui sert à le former ; comme ici la tonalité du son et le mouvement vibratoire sont dus à une colonne d'air qui reste identique, il est permis de supposer que le timbre est influencé par la nature des parois qui limitent la colonne d'air mise en vibration par elles.

On admet aussi que, dans la majorité des cas, les sons secondaires, qui se produisent constamment en même temps que le son principal donné par un instrument quelconque, contribuent à lui donner son caractère spécial, son timbre.

En même temps que les diverses causes, qui viennent d'être citées, jouent leur rôle dans la production du timbre spécial des sons, il en est d'autres dont on ne peut méconnaître le degré d'importance. Ainsi, on doit admettre que le timbre sera modifié suivant la manière dont les vitesses et les densités se succéderont dans des ondes offrant les mêmes longueurs et les mêmes amplitudes. Il en sera de même si, comme cela a lieu souvent, les portions condensées et raréfiées d'une même onde sont dissymétriques entre elles.

(1) *Mémoires de l'Académie des sciences*, 1700, p. 140.
(2) *Annales de chimie et de physique*, t. XLVII.
(3) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XX, p. 1214.
(4) *Rec. cité.*

Du reste, comme nous en faisions la remarque plus haut, c'est plutôt à un ensemble de conjectures rationnelles sur la production de ce phénomène qu'à une démonstration rigoureuse qu'on est forcé de s'arrêter avec les auteurs qui se sont occupés de ce difficile problème.

MÉCANISME DE L'AUDITION.

Rôle de chacune des parties de l'appareil auditif.

Il a été démontré, précédemment, que les vibrations émanées d'un corps sonore se propagent dans tous les sens, et se communiquent à tous les milieux ambiants, quels qu'ils soient; qu'en se transmettant successivement à des corps de densités différentes, en passant des solides aux liquides, ou aux fluides aériformes, le son conserve toutes ses qualités fondamentales, la force, le ton et le timbre, qualités qui peuvent néanmoins être transmises avec plus ou moins de facilité, selon la nature des corps conducteurs; qu'enfin, dans ces mêmes circonstances, les ondes sonores restent généralement dans les rapports de combinaison et de succession qu'elles avaient à leur point de départ.

Ces notions vont nous conduire à apprécier à sa juste valeur le mode d'action des diverses parties de l'appareil auditif. En effet, si tous les corps peuvent recevoir et conduire les ondes sonores, on comprend très bien qu'il n'y ait d'absolument essentiel, dans cet appareil, que le nerf auditif lui-même, puisque toutes les parties qui l'environnent doivent nécessairement lui amener le son. Pour l'audition en elle-même, il n'est besoin ni d'oreille externe ni de membrane tympanique et d'osselets, ni même de limaçon, de canaux demi-circulaires et de vestibule : aussi ces parties peuvent-elles manquer chez divers animaux pourtant impressionnables aux sons.

Il n'est donc point nécessaire de chercher à prouver que ces différentes parties reçoivent les ondes sonores et les transmettent jusqu'à la pulpe nerveuse; cette propriété, elles la possèdent comme tous les corps inertes. Ce qu'il importe de démontrer, c'est que leur disposition est, plus qu'aucune autre, favorable à cette transmission, et toujours appropriée aux conditions particulières à chaque espèce animale; c'est que toutes ces annexes concourent à la perfection du sens de l'ouïe, soit en condensant les ondes sonores, en diminuant leur dispersion, soit en protégeant la partie essentielle de l'appareil.

Pavillon de l'oreille et conduit auditif externe. — Les ondes aériennes, qui parviennent à l'oreille externe, peuvent rencontrer le pavillon ou s'introduire directement dans le conduit auditif. Chez les animaux dont l'oreille a la forme d'un cornet plus ou moins évasé, il est facile de concevoir comment cette partie, recevant un grand nombre de rayons sonores, peut les réfléchir et les diriger vers le tympan. Chez l'homme, la cavité de la conque et l'origine du conduit auriculaire peuvent, jusqu'à un certain point, remplir le même usage. Mais tout le reste de la surface anfractueuse et irrégulière du pavillon ne paraît nullement propre à atteindre ce but. Cependant Boerhaave a fait, sur ce point, des recherches et des calculs qui tendent à prouver que les rayons sonores tombant sur toutes les éminences de l'oreille externe sont réfléchis jusqu'au conduit auditif. D'après cet observateur, les différentes lignes saillantes que forment ces éminences présentent une

courbure *parabolique* dont le foyer correspond à l'intérieur même du conduit. Or, on sait que la parabole a la propriété de réfléchir tous les rayons parallèles à son axe qui tombent sur la concavité de cette courbe, de manière à les diriger vers son foyer; il suit de là que les rayons sonores qui viennent frapper les différentes éminences de l'oreille externe doivent, par leur réflexion, se concentrer et se réunir dans le conduit auditif.

Le pavillon auriculaire, comme agent réflecteur des ondes sonores, n'a pas la même puissance chez tous les individus : cela dépend de sa conformation, qui est plus ou moins régulière, et surtout de son inclinaison par rapport à la tête. L'angle qu'il forme avec les parois latérales du crâne varie de 30 à 45 degrés environ ; mais il peut avoir moins de 10 degrés. Il résulte des expériences de Buchanan que la finesse de l'ouïe est presque toujours proportionnelle à l'ouverture de cet angle.

Le pavillon a un autre usage non moins important : c'est de servir lui-même de conducteur aux ondes sonores, qui, venant le frapper perpendiculairement à sa surface, déterminent des vibrations de sa propre substance. Ces vibrations se propagent de proche en proche, au conduit auditif, à la membrane du tympan, et jusque dans l'intérieur de l'oreille. Savart (1) a démontré ce fait à l'aide d'expériences ingénieuses, et, de plus, il a fait observer que les inégalités nombreuses du pavillon doivent avoir pour effet de présenter toujours une partie de leur surface normalement à la direction des ondes sonores, quel que soit le point de départ de ces dernières.

En résumé, le pavillon renforce les sons, soit en rassemblant les ondes sonores qui arrivent à sa surface, soit en transmettant ses propres vibrations aux parois du conduit auditif. Il est à présumer, en outre, qu'ayant une aptitude égale à renforcer tous les sons, cette lame cartilagineuse ne vibre jamais à l'unisson d'aucun d'eux, et qu'elle est conséquemment dépourvue d'un son propre ; avantage qui résulte encore très probablement des différentes irrégularités de sa surface.

Le conduit auditif externe transmet à la membrane du tympan des vibrations de trois ordres différents : les ondes aériennes qui le pénètrent directement, celles qui ont été réfléchies par le pavillon, enfin les vibrations communiquées à ses parois, soit par le cartilage auriculaire, soit par les os du crâne.

Ce conduit présente une obliquité de laquelle on ne s'est point encore rendu un compte satisfaisant. Si, d'une part, cette obliquité peut concourir à la protection de l'oreille moyenne contre l'action trop directe des agents extérieurs, elle a, d'autre part, une influence défavorable sur les ondes sonores, dont elle ne peut qu'affaiblir l'intensité, en leur faisant subir des réflexions successives. Les ondes aériennes qui pénètrent dans le conduit auditif en suivant son axe, sont les moins nombreuses, mais certainement les plus fortes ; peut-être concourent-elles à nous faire juger de la direction du son. Les ondes réfléchies par le pavillon peuvent tomber directement sur la membrane tympanique, ou n'y arriver qu'après avoir subi, à l'intérieur du conduit auditif, une ou plusieurs réflexions qui les écartent de plus en plus de leur direction primitive. Quant aux vibrations communiquées aux parois de ce conduit par les parties solides environnantes, elles se transmettent à l'oreille interne avec une plus grande vitesse que les ondes aériennes, et arrivent d'ailleurs par la voie la plus courte à la membrane du tympan, qu'elles font vibrer de la circonférence au centre. Ces caractères les différencient des précédentes, et

(1) *Recherches sur les usages de la membrane du tympan et de l'oreille externe*, dans *Journal de physiologie expérimentale,* t. IV, 1824.

leur donnent sans doute une valeur particulière dans la sensation auditive.

J. Müller (1) admet encore un certain renforcement du son, par la résonnance de la petite colonne d'air que circonscrit le conduit auditif.

Membrane du tympan.— Cette membrane se rencontre chez la plupart des animaux à audition aérienne ; elle est toujours oblique à l'axe du conduit auditif, et semble, chez l'homme et quelques animaux, se continuer avec sa paroi supérieure. Cette obliquité, qui augmente son étendue, paraît, selon Cuvier (2), être en rapport avec la finesse de l'ouïe.

La membrane tympanique reçoit les vibrations aériennes qui traversent directement le conduit auditif externe, et celles qui n'arrivent à sa surface qu'après avoir subi une ou plusieurs réflexions sur le pavillon ou contre la face interne du conduit. Elle reçoit, en outre, des vibrations communiquées au pavillon de l'oreille ou aux parois crâniennes, et qui lui sont transmises par continuité, de la circonférence au centre. Ces deux ordres de vibrations, en traversant la membrane, y déterminent à la fois des ondes d'inflexion et des ondes de condensation : les premières sont produites principalement par les rayons sonores qui arrivent perpendiculairement à sa surface ; les secondes sont transmises à son cadre par les vibrations des parties solides environnantes.

Itard a contesté les vibrations de la membrane du tympan ; comme s'il était admissible qu'un corps, contigu à un autre corps ébranlé par des vibrations élastiques, pût ne pas vibrer lui-même. Aussi, le mérite des travaux de Savart réside-t-il moins dans la démonstration directe des vibrations de cette membrane, que dans la véritable appréciation de ce phénomène.

1° Les vibrations aériennes ne se transmettent aux corps solides qu'en perdant considérablement de leur intensité. Au contraire, elles se communiquent à eux, sans s'amoindrir, et d'autant plus facilement qu'on amincit davantage ces corps, et qu'on les réduit à une plus faible épaisseur. 2° Non seulement les lames minces et les membranes tendues sont susceptibles de vibrer par influence, mais encore elles se trouvent toujours dans des conditions qui les rendent aptes à être influencées par un nombre quelconque de vibrations. 3° Enfin, la transmission des vibrations d'une membrane tendue à des corps solides limités, s'accomplit très aisément et sans déperdition.

Si l'on applique à la membrane du tympan ces données, qui résultent des expériences de Savart (3), répétées et variées depuis par J. Müller, il sera aisé de reconnaître que le véritable rôle de cette membrane est de servir d'intermédiaire entre l'air et les osselets de l'ouïe, en transformant les vibrations aériennes en vibrations de solides. D'une part, elle entre en vibration sous l'influence de tous les sons possibles, en se divisant, comme le ferait tout disque mince et rigide, en lignes nodales dont le nombre et la position varient suivant la hauteur et la direction des sons primitifs ; d'autre part, elle communique aussitôt au manche du marteau et à la chaîne des osselets, toutes les ondulations qu'elle a reçues avec tous leurs modes et leurs qualités fondamentales.

Déjà nous avons démontré comment le pavillon de l'oreille et le conduit auditif externe, en dirigeant toutes les ondes sonores sur la membrane tympanique, pou-

(1) *Traité de physiologie*, traduit par Jourdan, t. II.

(2) *Leçons d'anatomie comparée*. 2e édition. 1845, t. III, p. 528.

(3) *Rec. cit.*

vaient être considérés comme de véritables appareils de renforcement; la membrane du tympan augmente encore ce renforcement des sons, en les faisant passer par la chaîne des osselets, et les concentrant sur la plaque de l'étrier.

Le marteau, dont le manche est inséré dans l'épaisseur de la membrane tympanique, et lui forme comme un rayon, reçoit l'insertion d'un petit muscle dont la contraction plus ou moins énergique peut déterminer dans cette membrane une tension plus ou moins forte. Quels peuvent être les effets de cette tension variable? Il est impossible d'admettre qu'elle soit destinée à amener la membrane tympanique à l'unisson des vibrations qu'elle doit transmettre, puisque cette membrane est susceptible de recevoir à la fois des vibrations de vitesses très différentes, et qu'en outre, si sa tension était proportionnelle à l'acuité des sons, elle devrait toujours les précéder, ce qui supposerait qu'ils sont connus à l'avance.

Mais si, en général, le sens de l'ouïe n'est point directement lié à l'action du muscle tenseur tympanique, peut-être cette action a-t-elle pour but de favoriser ou de protéger l'audition, dans certaines circonstances données? Cette manière de voir est adoptée par Bichat et la plupart des physiologistes.

Bichat (1) s'exprime ainsi : « La tension de la membrane du tympan paraît surtout avoir lieu lorsque nous prêtons l'oreille avec attention, et que nous voulons tirer le plus de parti possible des sons dirigés dans le conduit auditif, ce qui arrive quand ces sons sont faibles et incapables de produire une vive sensation. Sous ce rapport, cette tension est à l'oreille ce que l'agrandissement de la pupille, par la dilatation active de l'iris, est à l'œil. Le relâchement de la membrane du tympan a lieu quand les sons ont une force suffisante, quand on n'a pas besoin d'en ramasser un grand nombre. Il est au plus haut degré, lorsqu'ils sont trop forts, qu'ils pourraient heurter péniblement l'oreille. » Richerand (2) émet la même opinion : Par le relâchement ou la tension de la membrane du tympan, l'oreille affaiblit ou renforce les sons, dont la violence exciterait désagréablement la sensibilité, ou qui, trop faibles, ne produiraient pas sur elle une impression suffisante. Quant à Savart (3), qui a le premier soumis ce point à l'expérimentation, il considère, ainsi que Bichat, la tension variable de la membrane tympanique comme exclusivement relative à l'intensité ou à la faiblesse des ondes sonores : mais, ayant observé que du sable, étendu sur une membrane vibrante, sautait d'autant plus haut que celle-ci était moins tendue, il en conclut, contrairement à Bichat, que c'est la tension, et non le relâchement de la membrane tympanique, qui diminue sa faculté conductrice, et qui protége l'organe auditif contre les impressions trop fortes qu'il pourrait recevoir dans certaines circonstances.

Muncke et Fechner ont interprété différemment l'expérience de Savart : D'après eux, le sautillement du sable correspond à l'amplitude des vibrations plutôt qu'à leur intensité, en sorte que les sons doivent arriver avec la même force au nerf auditif, quel que soit le degré de tension de la membrane tympanique. J. Müller (4) ayant fait à ce sujet quelques observations sur lui-même, a constaté que toutes les fois qu'on détermine une forte tension de la membrane tympanique, soit par raréfaction, soit par condensation de l'air de la caisse, on éprouve en même temps un peu de dureté de l'ouïe, qu'en outre cette surdité passagère porte spécia-

(1) *Anatomie descriptive*, t. I.
(2) *Nouveaux éléments de physiologie*, 10e édit., t. II, p. 260.
(3) *Rec. cit.*, p. 219.
(4) *Traité de physiol.*, trad. de Jourdan, t. II, p. 422.

lement sur les sons graves. Ce fait, qui avait déjà été signalé par Wollaston, peut s'expliquer, en observant que, bien que la membrane tympanique puisse vibrer sous l'influence de tous les tons, cette faculté est limitée, pour les tons graves, par le son fondamental que pourrait rendre la membrane elle-même : or, à mesure qu'elle est plus tendue, ce son fondamental s'élève, et elle ne peut plus vibrer ou résonner que sous l'influence de tons de plus en plus aigus. En définitive, J. Müller considère la tension de la membrane tympanique par le muscle interne du marteau, comme un mouvement protecteur pour l'organe de l'ouïe, qu'il peut soustraire à la perception de certains sons. Cette conclusion est conforme à celle de Savart.

L'action du muscle interne du marteau paraît s'exercer en vertu d'un mouvement réflexe, analogue, ou du moins comparable à la contraction de l'iris, lors d'une impression très vive de lumière. Néanmoins, plusieurs physiologistes admettent que ce muscle est soumis à l'influence de la volonté ; et, en effet, quelques personnes prétendent pouvoir agir volontairement sur lui, au point de le faire contracter d'un seul côté.

Après les auteurs si recommandables qui se sont occupés de la question délicate de la tension de la membrane tympanique, qu'il nous soit permis de présenter quelques observations sur le même sujet. Nous croyons qu'on s'est, en général, trop peu préoccupé des conditions ordinaires de l'audition, quand on a avancé que le muscle interne du marteau sert à préserver l'organe auditif d'impressions trop intenses. En effet, est-ce que nous pouvons jamais nous soustraire à ces impressions? Pourquoi J. Müller, par exemple, qui dit pouvoir contracter volontairement le muscle dont il s'agit, a-t-il besoin de tendre artificiellement sa membrane tympanique en condensant ou raréfiant l'air de la caisse, pour se soustraire au bruit du canon, ou à tout autre son grave et violent? Il n'aurait eu qu'à contracter son muscle protecteur et modérateur de l'ouïe. D'ailleurs ce n'est pas toujours l'intensité des sons, qui est pénible à notre oreille, c'est souvent leur extrême acuité : tel est par exemple le bruit du liége que l'on coupe, du frôlement de la soie, etc. A quoi sert alors le muscle du marteau, qui ne peut qu'accroître l'aptitude de la membrane du tympan à transmettre les sons aigus?

Si l'on réfléchit que des trois prétendus muscles du marteau l'interne est réellement le seul qui soit constant chez l'homme, le seul qu'on rencontre chez les animaux, il en résulte que, dans son action sur la membrane du tympan, il agit sans antagoniste. Mais, suivant nous, il existe un véritable antagonisme à ce muscle dans la membrane elle-même : n'est-il pas probable, en effet, que, sous l'influence de variations hygrométriques ou autres, cette membrane est susceptible de se détendre ou de se resserrer un peu ? Or on sait, d'après les expériences même de Savart, que les membranes ne sont susceptibles de vibrer par influence, qu'à la condition d'être tendues. Le muscle du marteau agira, dans ce cas, de manière à maintenir la membrane du tympan toujours dans un état de tension suffisante pour qu'elle puisse vibrer.

Notre opinion est donc, pour ainsi dire, le contre-pied de celle de Savart et de J. Müller, généralement admise, c'est-à-dire que l'action du muscle précédent serait, non de changer la tension de la membrane tympanique, mais d'obvier aux variations de tension qu'elle peut présenter, d'empêcher surtout qu'elle ne se détende complétement (1).

(1) Dans la deuxième partie de ce volume imprimée avant la première, nous avions cru devoir encore faire prévaloir l'opinion de Savart.

Osselets du tympan. — Nous avons vu comment la membrane tympanique réunit en ondes d'inflexion ou de condensation toutes les vibrations qu'elle a reçues directement de l'air, du pavillon de l'oreille et des parties solides du crâne. La chaîne des osselets reçoit toutes ces vibrations, les condense de plus en plus, et les transmet à son tour au liquide labyrinthique par l'intermédiaire de la membrane de la fenêtre ovale. Par ce moyen, les ondes sonores primitivement aériennes, déjà transformées en vibrations de solides, changent encore de milieu sans perdre de leur intensité, et se communiquent définitivement au liquide labyrinthique.

On peut se demander d'abord de quelle utilité est cet intermédiaire osseux entre la membrane tympanique et celles qui ferment les fenêtres de l'oreille interne. L'air de la caisse n'aurait-il pas transmis très bien ces vibrations d'une paroi à l'autre ? Il est certain que ce mode de propagation a lieu pour la fenêtre ronde ; mais il faut dire aussi qu'il est accompagné d'une dispersion et d'un affaiblissement considérables des sons. Au contraire, comme les corps solides contigus se transmettent le son bien plus facilement qu'ils ne l'abandonnent à l'air ambiant, les vibrations de la membrane tympanique, une fois communiquées au manche du marteau, traversent toute la chaîne des osselets et arrivent à la plaque de l'étrier avec d'autant moins de déperdition que cette chaîne est comme suspendue dans la caisse, et n'est en contiguïté avec d'autres parties solides que par ses extrémités.

Mais pourquoi cette communication, au lieu d'être directe, est-elle brisée et sinueuse? L'*âme* du violon est une simple tige droite placée perpendiculairement à ses deux tables. On concevrait très bien que la plaque de l'étrier, qui est à peu près parallèle à la membrane tympanique, fût réunie au manche du marteau par une tige perpendiculaire à cette plaque. Savart (1) a démontré d'abord que, quelles que soient les courbures et les sinuosités relatives de parties solides annexées les unes aux autres, la transmission des vibrations s'y fait suivant leur direction primitive. Le manche du marteau, recevant les ondes de la membrane du tympan dans une direction qui lui est presque perpendiculaire, les transmet à l'enclume, dont elles parcourent la longue apophyse transversalement ; les deux branches de l'étrier sont au contraire ébranlées longitudinalement ; enfin la plaque de cet osselet et la membrane de la fenêtre ovale éprouvent des vibrations transversales.

La brisure et les articulations de la chaîne des osselets ne nuisent donc point à la transmission des ondes sonores ; mais reste à savoir comment elles peuvent favoriser l'audition. La plupart des auteurs se taisent sur le but de cette disposition. Savart dit seulement à ce sujet : « Les diverses articulations qui existent entre les osselets ont sans doute pour usage d'empêcher que des mouvements trop brusques ne nuisent à l'organisation de parties si délicates. »

Voici quelle serait notre interprétation : La membrane tympanique étant susceptible de se rapprocher plus ou moins de la paroi interne de la caisse par l'action de son muscle tenseur, sans les articulations de la chaîne ces déplacements se seraient communiqués tels quels à la membrane de la fenêtre ovale qui n'aurait pu y résister que par une extrême laxité, tandis qu'il en résulte seulement une variation insignifiante dans l'ouverture des angles que les osselets forment entre eux. La transmission des ondes sonores jusqu'au vestibule se trouve donc assurée, quels que soient la position de la membrane du tympan et son degré de concavité. Nous voyons

(1) *Ouv. cit.*, p. 214.

également dans l'existence du muscle de l'étrier, l'intention de limiter l'action du muscle du marteau à la seule membrane du tympan. Effectivement, ce dernier muscle, en se contractant, tend non seulement à attirer cette membrane en dedans, mais aussi à agir sur le reste de la chaîne des osselets, de manière à entraîner l'étrier un peu en avant. C'est alors qu'il rencontre l'antagonisme du muscle de l'étrier, qui nous paraît destiné moins à enfoncer la plaque de cet osselet dans la fenêtre ovale qu'à l'empêcher d'être entraînée en sens inverse par le muscle tenseur tympanique.

Trompe d'Eustache. — L'existence constante de la trompe d'Eustache chez tous les animaux qui sont pourvus d'une cavité tympanique, fait entrevoir que ce conduit a une part importante dans les fonctions de l'oreille moyenne. Il est démontré, en effet, par un grand nombre de faits pathologiques, que, lorsque la caisse du tympan est complétement close, elle transmet les sons imparfaitement, et qu'il survient dans l'audition des troubles qui peuvent se transformer en une surdité complète, si l'oblitération de la trompe persiste.

On a émis sur les usages de la trompe d'Eustache un grand nombre d'opinions dont plusieurs sont plus ou moins hypothétiques ou opposées aux lois physiques. Esser (1) affirme que, si la trompe gutturale était fermée hermétiquement, l'air de la caisse, qui doit entrer en vibration, ne trouvant pas d'issue, ne pourrait se dilater, et serait par conséquent immobile ainsi que la membrane du tympan. Saunders émet une opinion semblable. Or, il est inexact de croire qu'une masse d'air renfermé soit inapte à recevoir et à transmettre des vibrations : ne sait-on pas qu'un timbre, placé sous le récipient de la machine pneumatique, peut être entendu très distinctement, bien qu'on n'ait laissé à l'air renfermé dans la cloche aucune communication avec l'air extérieur ?

Esser pense aussi que la trompe est dans un état d'ouverture permanente, que des bourdonnements d'oreille et la surdité surviennent dès qu'elle se ferme. Cette assertion est empreinte d'exagération et infirmée par les faits. Les parois, moitié cartilagineuses, moitié membraneuses de ce conduit, sont appliquées l'une contre l'autre ; il n'est donc point béant, mais seulement perméable, et cette disposition suffit ordinairement aux fonctions qu'il doit remplir. On a, dans plusieurs circonstances, la preuve que la communication entre l'air extérieur et la caisse du tympan par l'introduction de la trompe, n'est pas aussi immédiate et aussi libre que le pensait Esser. Lorsqu'on se place sous la cloche à plongeur (2) ou lorsqu'on gravit une montagne élevée (3), on éprouve dans l'oreille une tension qui persiste assez longtemps, et qui indique que l'équilibre est loin de se rétablir instantanément.

Bressa (4) a émis l'opinion que la trompe d'Eustache sert à entendre sa propre voix. S'il en était ainsi, ce canal devrait exister chez tous les animaux pourvus de la voix, et manquer chez ceux qui ne profèrent aucun cri. Or ce rapport n'a pas lieu. Il y a parmi les batraciens plusieurs genres, tel que les *bombinateurs*, qui, sans être privés de la voix, sont néanmoins dépourvus de trompe d'Eustache et de

(1) *Mémoire sur les fonctions de diverses parties de l'organe auditif.* — Traduit par Breschet, dans *Annales des sciences naturelles*, t. XXVI, p. 30, 1832.

(2) *Relation d'une descente en mer, dans la cloche dite des plongeurs.* Colladon. — Paris, 1826.

(3) Carus.

(4) *Reils' Archiv.*, t. VIII, cah. 1.

caisse du tympan. D'ailleurs, Autenrieth (1) et Lincke (2) rapportent des faits desquels il résulte que chez l'homme l'oblitération maladive de la trompe rend l'ouïe dure sans nuire à l'audition de sa propre voix. On peut aisément se rendre compte de la propagation des vibrations de la glotte, jusqu'au nerf auditif, sans l'intervention de la trompe d'Eustache. Ces vibrations se propagent directement des cordes vocales aux parties solides du col, de la tête et de l'oreille interne. Transmises à l'air du pharynx et des fosses nasales, elles se communiquent aux parois de ces cavités, et parviennent encore à l'organe auditif par la base du crâne. Enfin, les ondes sonores, en se répandant dans l'atmosphère, s'y propagent dans tous les sens et vont rencontrer le pavillon de l'oreille, qui les réfléchit, comme tous les sons extérieurs, les concentre et les dirige vers la membrane du tympan.

Ainsi que nous l'avons déjà fait observer, la liaison qui existe constamment entre la trompe d'Eustache et la caisse du tympan, doit conduire à chercher à ce conduit des usages relatifs à l'oreille moyenne, plutôt qu'à l'audition directement. La trompe paraît, en effet, avoir pour but essentiel d'assurer les fonctions de la membrane tympanique. On sait que, par l'action du muscle du marteau, cette membrane est susceptible de varier son degré de tension, proportionnellement à l'intensité ou à la tonalité des sons qui viennent la frapper. Il était donc nécessaire, pour assurer l'intégrité de cette fonction, de soustraire la membrane tympanique à toute autre influence capable de modifier sa tension. Or, cette membrane supporte la pression atmosphérique par sa face externe, et la trompe d'Eustache, en amenant l'air extérieur contre sa face interne, équilibre cette pression, en annule les effets par une pression égale et contraire.

Tel est le véritable rôle de ce conduit; il n'a besoin pour le remplir que d'être constamment perméable. Quelle que soit l'étroitesse de son ouverture, elle est toujours suffisante, car elle est comparable au pertuis qui fait communiquer la cuvette du baromètre avec l'air atmosphérique.

Accessoirement la trompe d'Eustache sert à évacuer les liquides sécrétés par la muqueuse de la caisse, et à les conduire dans les fosses nasales; c'est peut-être pour favoriser cet usage qu'elle a son origine près de la paroi inférieure de la cavité tympanique, et qu'elle est dirigée obliquement en bas.

Oreille interne. — La transmission des ondes sonores aux cavités de l'oreille interne a lieu par deux voies différentes, la fenêtre ovale et la fenêtre ronde, toutes deux fermées par une membrane qui, en même temps qu'elle circonscrit le liquide du labyrinthe, facilite le passage des vibrations d'un milieu dans un autre.

La fenêtre ovale reçoit les ondulations de la membrane du tympan par la chaîne des osselets; l'air de la caisse est au contraire seul chargé de conduire des ondes sonores de la membrane tympanique à celle de la fenêtre ronde. On peut se demander laquelle de ces deux transmissions est la plus intense. L'anatomie comparée répond déjà en partie à cette question, car elle prouve que, lorsqu'une seule des deux fenêtres persiste, c'est la fenêtre ovale, et avec elle la chaîne des osselets plus ou moins complète. Cependant les physiologistes sont divisés à cet égard : les uns nient complétement la transmission par l'air de la caisse, à cause de la surdité absolue qui suit ordinairement la perte des osselets; les autres contestent

(1) *Reils' Archiv.*, t. IV, p. 321.
(2) *Handbuch der Ohrenheilkunde*, t. I, p. 502.

l'action conductrice de ces petits os. Muncke (1) et J. Müller ont ramené cette question sur son véritable terrain en faisant voir qu'il n'y avait point lieu d'exclure l'un de ces deux modes de transmission, et qu'il s'agissait seulement d'établir entre eux une différence en plus ou en moins.

J. Müller a de plus démontré, par une série d'expériences, que les mêmes ondes aériennes agissent avec beaucoup plus d'intensité sur l'eau du labyrinthe après avoir traversé la chaîne des osselets et la fenêtre ovale qu'après avoir traversé l'air de la cavité tympanique et la membrane de la fenêtre ronde. Ce physiologiste va même jusqu'à croire que les ondes transmises à l'une et l'autre fenêtre diffèrent non seulement eu égard à leur intensité, mais encore sous le rapport de leur timbre. Les ondes, reçues par la fenêtre ovale, se répandent dans le vestibule et les canaux demi-circulaires ; celles qui sont transmises à la fenêtre ronde se propagent dans le limaçon : mais comme ces différentes cavités communiquent les unes avec les autres, il arrive que toutes ces vibrations finissent par se rencontrer, qu'elles s'entre-croisent de manière à produire en plusieurs points des condensations desquelles résulte un véritable renforcement de la sensation auditive.

Le vestibule et les canaux demi-circulaires sont, de toutes les parties dont se compose l'appareil auditif chez les vertébrés, les plus générales et les plus constantes. La cavité vestibulaire est divisée en plusieurs sacs membraneux qui renferment, dans leur intérieur, des concrétions tantôt amylacées, tantôt pierreuses, dont l'existence est également constante, non seulement chez les poissons et les reptiles, mais même chez les mammifères, ainsi que l'ont établi les belles recherches de Breschet (2).

Dugès (3) considère le vestibule comme propre à recueillir le *bruit* en général, à en mesurer l'intensité, et par conséquent à faire juger de la distance. Quant aux canaux demi-circulaires, la constance de leur nombre et de leur direction respective, qui paraît correspondre aux trois dimensions des corps, longueur, largeur et hauteur, ont conduit Autenrieth et Kœrner à émettre l'opinion que leur usage est de donner la notion de la direction des ondes sonores, et conséquemment de la situation du corps d'où elles sont parties. Dugès se range entièrement à cette manière de voir. J. Müller la rejette et n'accorde aux canaux demi-circulaires d'autre action que d'accroître un peu l'intensité et la résonnance des sons.

Breschet (4) croyait que les otolithes et les otoconies arrêtent les vibrations sonores et atténuent la sensation auditive. Cagniard-Latour et J. Müller les regardent plutôt comme propres à rendre ces vibrations plus efficaces dans leur action sur les ramifications nerveuses.

Limaçon. — On sait que la cavité spirale du limaçon est partagée en deux rampes qui communiquent ensemble au sommet de l'hélice par une absence de la cloison, et qui aboutissent l'une à la membrane de la fenêtre ronde ou tympan secondaire de Scarpa (5), l'autre au vestibule. Un même liquide remplit toutes ces cavités. Il en résulte que non seulement les vibrations du tympan secondaire peu-

(1) *Archiv. für die gesammte Naturlehre*. Kastner, t. VII.

(2) *Étude anatomique et physiol. de l'organe de l'ouïe et de l'audition dans l'homme et les animaux vertébrés* (*Annales des sciences naturelles*, t. XXIX).

(3) *Traité de physiologie comparée de l'homme et des animaux*, t. I, p. 188.

(4) *Loc. cit.*

(5) *De structura fenestræ rotundæ auris, et de tympano secundario* (*Anat. observ.*, Modène, 1772, in-4).

vent être propagées au vestibule, aux canaux demi-circulaires et se confondre avec celles que ces parties reçoivent par la chaîne des osselets et par la fenêtre ovale, mais encore qu'il doit y avoir réciprocité pour ces vibrations; en sorte qu'un même son est simultanément perçu dans toute l'étendue du labyrinthe.

De Blainville pense que le limaçon a pour principale fonction d'apprécier les sons très aigus, d'après cette observation que les chauves-souris ont cet organe très développé, et qu'elles vivent d'insectes dont le bruit les guide pendant la nuit à leur poursuite.

Selon Dugès (1), le limaçon serait le principal appréciateur des *tons*, et surtout l'organe propre à recevoir les sons formés dans l'air, ayant un timbre aérien et des modifications que l'air seul comporte bien; en un mot, les *voix* et les *articulations*. Breschet (2) a insisté également sur la liaison entre l'existence de l'appareil de la voix et celle du limaçon. Quelques physiologistes ont même cru que la lame spirale, qui va en se rétrécissant graduellement, était susceptible de se diviser en parties variables, de manière à vibrer à l'unisson de tous les sons possibles: mais l'anatomie comparée et l'anatomie pathologique renversent cette hypothèse, et démontrent que, chez les animaux les plus doués de la faculté musicale, le limaçon est loin d'offrir un développement proportionnel; que, chez l'homme, l'absence ou la destruction du limaçon n'empêche pas de juger très nettement les tons.

Nous adoptons volontiers l'opinion de J. Müller, qui suppose que la destination finale du limaçon est d'étaler les fibres nerveuses sur une lame solide qui, par sa continuité avec les parois solides du labyrinthe et de la tête, et par son contact avec le liquide labyrinthique, soit capable de transmettre à ces fibres nerveuses les vibrations communiquées soit aux solides, soit aux liquides de l'appareil auditif. Il est évident, en outre, que les tours de spire que forme le limaçon ont l'avantage de réaliser, sous le plus petit espace possible, la surface considérable qui était nécessaire pour l'expansion des fibres nerveuses.

De la sensation auditive.

En exposant le rôle des diverses parties qui composent l'organe auditif, nous avons reconnu l'embarras des auteurs pour déterminer, s'il en est, parmi elles, qui servent spécialement à l'appréciation de l'intensité, de la distance ou de la direction du son. Il nous semble néanmoins que plusieurs de ces questions peuvent être ramenées à des termes assez simples, et recevoir une interprétation satisfaisantes, sans le secours d'hypothèses plus ou moins inadmissibles. Relativement à l'appréciation de la direction du son, par exemple, appréciation qui est due, suivant les uns, au mode d'impression du pavillon de l'oreille, ou à certaines modifications de la membrane du tympan, et, suivant d'autres, à la position relative des canaux demi-circulaires, elle résulte, selon nous, d'une réaction intellectuelle, et non d'une aptitude spéciale de l'organe de l'ouïe.

Du moment que cet organe présente une sensibilité et un développement suffisants pour discerner facilement l'intensité relative de deux sons consécutifs, il n'en faut pas davantage pour acquérir la notion, soit de la distance, soit de la direction des corps d'où émanent les ondes sonores. En effet, si le son que nous

(1) *Ouvr. cité*, p. 197.
(2) *Recherches anat. et physiol. sur l'organe de l'ouïe et sur l'audition dans l'homme et les animaux vertébrés*, etc. Paris, 1833, in-4°.

entendons nous est déjà connu, comme celui d'un instrument, de la voix humaine, etc., nous jugerons de son éloignement par la faiblesse de l'impression qu'il produit sur le nerf auditif; s'il s'agit d'un son dont l'intensité soit inconnue à une distance donnée, comme le bruit du tonnerre, etc., nous jugeons qu'il est rapproché s'il est très fort, éloigné s'il est faible.

Quant à la direction des ondes sonores, on peut dire encore que c'est la sensation auditive raisonnée qui en donne la connaissance. Ainsi, nous entendons distinctement un son émanant d'un point donné, quelle que soit la position de notre tête; mais l'organe auditif étant apte à juger de différences légères dans l'intensité des vibrations, nous remarquons que, dans certaines positions de la tête, le son paraît plus fort. Nous sommes donc amenés à placer notre tête dans une position déterminée, par rapport au corps sonore. L'expérience nous apprend journellement, quand nous voyons le lieu d'où part le son, quelle est la direction, relative à notre oreille, où il est le mieux perçu. Il ne reste plus qu'à appliquer ces données dans les cas où le corps vibrant est inaccessible à la vue.

Il résulte de ce qui précède que les prétendues illusions du sens de l'ouïe, que l'on produit par la ventriloquie, ou par certaines réflexions des sons, ne sont en réalité que des erreurs de notre jugement.

Ce sens, s'il est intact, ne nous trompe guère, et il y a bien plutôt lieu d'admirer sa subtilité et sa perfection que de redouter ses écarts.

La finesse de l'ouïe se manifeste de plusieurs manières : elle nous permet, tantôt de percevoir des ébranlements extrêmement faibles, ou des bruits que leur éloignement rend presque imperceptibles; tantôt de distinguer isolément un son, parmi d'autres sons beaucoup plus forts, comme celui d'un seul instrument au milieu d'un nombreux orchestre.

L'ouïe n'est pas égale chez les différents individus : les uns n'ont d'aptitude à percevoir que des sons d'une certaine acuité; d'autres ne jugent pas exactement leurs rapports musicaux, et ne peuvent en sentir l'harmonie ou la dissonance. Enfin, les deux oreilles peuvent, chez le même individu, être impressionnées différemment par un même son, phénomène fort rare, et dont on ne cite que quelques exemples.

La durée normale de la sensation auditive, bien que très courte, peut être appréciée très approximativement : elle correspond à la limite inférieure des sons perceptibles. En effet, dès que des chocs se succèdent avec assez de rapidité pour n'être plus perçus isolément, mais pour produire la sensation continue qu'on nomme son, c'est que l'impression produite par chacun de ces chocs dure plus que l'intervalle de temps qui les sépare. Or, Savart a démontré, à l'aide d'un appareil composé d'une forte barre de fer qu'on fait tourner dans la rainure d'une table, que, lorsque chacun des chocs élémentaires a une intensité un peu forte, la sensation devient continue à partir de dix ou douze vibrations par seconde. On peut en déduire que la durée de la sensation auditive est de plus d'un dixième de seconde. Rappelons d'ailleurs que cette expérience correspond à celle du charbon incandescent, pour l'organe visuel.

SENS DE L'ODORAT.

L'odorat est le sens qui nous donne la notion des *odeurs*.

I. Deux théories principales ont été émises touchant l'origine et la nature des odeurs. Dans l'une, on admet qu'elles sont le produit de la volatilisation de particules matérielles, extrêmement ténues, qui se séparent des corps odorants ; dans l'autre, on suppose qu'elles résultent d'un mouvement vibratoire qui a lieu dans les molécules de ces derniers, et se transmet à un éther ambiant.

Les partisans peu nombreux de cette dernière théorie rappellent que certaines substances, le musc et l'ambre gris entre autres, auraient excité pendant longues années des impressions olfactives, souvent dans une sphère très étendue, sans subir aucune diminution de poids appréciable. Mais ne se pourrait-il pas que de pareilles observations, en les supposant rigoureusement exactes, fussent propres à prouver seulement la prodigieuse divisibilité des corps odorants, et l'imperfection de nos moyens pondérateurs? D'ailleurs ne sait-on pas que cette prétendue inaltérabilité de poids est loin d'exister pour bien d'autres substances odorifères, et que les nerfs sont des instruments bien autrement sensibles que nos balances? Ajoutons que l'hypothèse d'un mouvement vibratoire ne s'accorde guère ni avec le transport des odeurs à des distances souvent énormes (1), ni surtout avec certaines conditions de la sensation olfactive, la nécessité d'un courant d'air, par exemple, pour mettre l'appareil de l'olfaction en rapport avec son excitant naturel.

Divers phénomènes ont été cités comme tendant à établir que les odeurs sont dues à des particules dégagées de la substance même des corps odorants. Si, à l'exemple de Berthollet, on place un morceau de camphre dans un tube barométrique rempli de mercure, on voit bientôt le métal descendre, le camphre diminuer de volume à mesure que se volatilisent ses molécules intégrantes, et être enfin remplacé par un gaz odorant. Bénédict Prévost, de Genève (2), ayant déposé une substance odorante concrète sur une lame de verre mouillée ou sur une large soucoupe recouverte d'une mince couche d'eau, a vu celle-ci s'écarter aussitôt, de manière à laisser autour du corps un espace libre de plusieurs pouces d'étendue. Romieu (3) avait déjà observé les mouvements gyratoires du camphre sur l'eau ; Volta avait constaté des effets analogues en projetant, sur ce liquide, des petits corps imbibés d'éther, ou des parcelles d'acides benzoïque ou succinique, et Brugnatelli avait fait la même remarque en se servant de l'écorce de plantes aromatiques. L'expérience réussit également avec des fragments de différentes feuilles, du

(1) Il peut être permis de refuser sa croyance aux historiens qui racontent que des vautours furent attirés d'Asie, dans les champs de Pharsale (166 lieues), par l'odeur des cadavres qui s'y trouvaient entassés après la bataille du même nom. Mais on ne saurait révoquer en doute plusieurs récits de voyageurs dignes de foi. Alex. de Humboldt (*Rec. de zool. et d'anat. comp.*, 2e liv., p. 73, Paris 1807) rapporte qu'au Pérou, à Quito et dans la province de Popayan, quand on veut prendre des condors, on tue une vache ou un cheval, et qu'en peu de temps l'odeur de l'animal mort attire ces oiseaux en grand nombre, bien qu'auparavant on n'en vît point dans le pays. Valentia (*Voy. dans l'Indoustan*, trad. angl., t. I, p. 349) assure qu'à neuf lieues de distance des côtes de Ceylan, le vent apporte déjà un parfum délicieux. L'auteur de la relation du premier voyage des Hollandais aux Indes orientales en dit autant de l'île de Pugniatan (*Rec. des voy. qui ont servi à l'établ. de la comp. des Indes orient.*, t. I, p. 280, et t. II, p. 256 et 451. Amsterdam, 1702); etc.

(2) *Annales de chimie*, t. XXI, p. 254. Paris, 1797.

(3) *Mém. de l'Acad. des sc.*, p. 449. Paris, 1756.

schinus molle, par exemple; les jets d'huile volatile contenue dans ces fragments leur impriment aussitôt des mouvements dus à la résistance opposée au choc par l'eau. C'est à l'aide de semblables observations, et aussi en supposant que l'agitation des corps odorants, à la surface de l'eau, croît en raison directe de leur volatilité et de l'intensité de leur odeur, que B. Prévost a fondé autrefois son *odoroscopie*. En faisant la part des exagérations de l'idée ingénieuse de Prévost, toujours est-il que les précédents effets doivent être rapportés principalement, sinon uniquement, à la volatilisation, principe absolu de toute émanation odorante.

Rappelons que Boerhaave, pour expliquer l'odeur dans les végétaux, imagina un principe particulier, impondérable, et par conséquent distinct de la substance même du corps odorant, principe qu'il nomma *esprit recteur*, et que d'autres désignèrent sous le nom d'*arome*. Cette hypothèse, toute gratuite qu'elle était, n'en fut pas moins adoptée par beaucoup de chimistes, jusqu'à l'époque où Fourcroy (1), en démontrant que c'est à la plus ou moins grande volatilité des matériaux immédiats des végétaux que sont dues leurs émanations odorantes, vint ramener les esprits à la théorie généralement admise par les physiologistes de notre époque.

Quelle que soit, du reste, l'opinion que l'on adopte relativement à la nature des odeurs, qu'on les considère comme un fluide immatériel, comme une propriété du corps odorant, ou bien qu'on les regarde comme une émanation ou des particules détachées de la propre substance de ce dernier, on peut toujours aborder d'autres questions relatives à leur étude.

II. Diverses influences peuvent modifier singulièrement, soit la production des odeurs, soit leur transmission dans l'espace :

1° Si, dans quelques circonstances, le *calorique* enlève à certains corps leur odeur spéciale, le plus ordinairement l'action de ce fluide, en favorisant la volatilisation, aide à la diffusion des effluves odorants dans l'air : sous les tropiques, mille plantes laissent échapper leurs parfums aux premiers rayons du soleil ou au souffle des brises du soir, et l'on sait à quelles énormes distances se communique l'atmosphère embaumée de Ceylan, des Philippines ou des Moluques; au contraire, on remarque que les odeurs végétales et animales sont d'autant plus faibles qu'elles émanent d'animaux et de plantes vivant dans des contrées plus froides (2).

2° La *lumière* paraît exercer une certaine influence sur le dégagement des odeurs végétales; toutefois il existe plusieurs plantes qui ne développent leur parfum que pendant l'obscurité de la nuit : telles sont diverses espèces de *geranium* et d'*epidendrum*, la plupart des plantes de la famille des nyctaginées, et en particulier le *mirabilis longiflora*. J. Senebier a reconnu que des jonquilles, qu'il avait fait venir dans un lieu obscur, n'en étaient pas moins odoriférantes. Stark, d'Édimbourg, a tenté quelques expériences dans le but de déterminer les différences que présentent les substances diversement colorées, relativement à l'absorption des odeurs avec lesquelles elles sont mises en contact, et il est arrivé à établir que l'intensité d'absorption est décroissante, suivant les couleurs, dans l'ordre suivant :

(1) *Mém. sur l'esprit recteur de Boerhaave, l'arome des chimistes français*, etc., dans *Ann. de chim.*, t. XXVI, p. 232.

(2) Cela tient peut-être aussi à ce qu'en réalité ces animaux et ces plantes sécrètent ou contiennent moins de matières volatiles dans leurs tissus.

après le noir, le bleu est la couleur qui absorbe le plus; viennent ensuite le vert, puis le rouge, le jaune, et enfin le blanc qui n'absorbe presque rien. Ayant reproduit ces expériences, A. Duméril (1) assure avoir constaté que les substances blanches s'imprègnent d'abord des odeurs tout aussi bien que les autres substances diversement colorées, mais qu'elles laissent plus promptement évaporer les molécules odoriférantes dont elles s'étaient imprégnées. « Il semblerait donc, dit cet observateur, que les corps se comportent, suivant leur coloration, à l'égard des particules volatilisées des substances odorantes, comme ils le font à l'égard des ondes lumineuses. De même que ce sont les corps blancs, en effet, qui réfléchissent avec le plus d'intensité les rayons lumineux, et, au contraire, les substances noires qui possèdent le moins cette puissance de réflexion, de même aussi les premiers semblent réfléchir très promptement les émanations volatiles, tandis que les secondes, quoique ne s'en emparant pas avec plus d'énergie, les conservent plus longtemps. » Cependant il m'est arrivé de conserver, pendant plusieurs mois, des feuilles de papier *blanc* primitivement parfumées avec du musc, et qui, au bout de ce temps, n'avaient encore rien perdu de leur odeur. Il est présumable qu'ils étaient *blancs* aussi les papiers dont parle Haller (2), qu'un seul grain d'ambre gris avait parfumés, et qui étaient restés très odorants après quarante années.

3° On suppose que l'*électricité* peut favoriser le développement des émanations odorantes, qu'elle peut aussi le suspendre (3), et que nul ne saurait assigner, sous ce double rapport, des limites à la puissance de cet agent merveilleux de tant de décompositions et de recompositions; mais peut-être l'électricité ne favorise-t-elle le dégagement des odeurs que dans les cas où, en décomposant des combinaisons chimiques, elle en isole des principes définis capables d'impressionner l'organe olfactif.

4° L'état hygrométrique de l'atmosphère influe sur l'intensité de nos sensations olfactives. Chacun a pu observer que, dans un jardin couvert de fleurs, en aucun moment du jour l'air n'est plus embaumé que le matin, quand la rosée s'évapore sous les premiers rayons du soleil : c'est qu'alors, sans doute, les couches d'air qui nous entourent contiennent une certaine quantité de vapeur à l'état vésiculaire, vapeur qui, en se déplaçant peu, se charge en plus notable proportion des principes volatils des plantes. Au contraire, une humidité trop abondante noie, pour ainsi dire, le parfum des fleurs : aussi celles que l'on cueille pendant la pluie sont-elles peu odorantes. Il est certaines plantes qui n'acquièrent de l'odeur que par la dessiccation.

L'air atmosphérique étant pour nous le véhicule ordinaire des corpuscules odorants, ceux-ci doivent en recevoir toutes les impulsions. S'il est tranquille, l'odeur est d'autant plus prononcée que la substance d'où elle s'exhale est plus rapprochée; s'il est agité, la transmission de l'odeur suit le courant atmosphérique, et l'on a vu qu'elle peut se faire alors à des distances considérables.

5° Le choc, le frottement, le froissement, quel que soit le véritable mode de leur action, qu'ils dégagent du calorique, de l'électricité, ou qu'ils se bornent à détacher des corps de fines molécules, ce qui semble peu probable, sont fréquemment

(1) *Des odeurs, de leur nature et de leur action physiologique. Thèse pour le doctorat ès sc. nat.*, p. 27 et 28. Paris, 1843.

(2) *Elem. physiol.*, t. V, p. 157.

(3) Libri (*Ann. de chim. et de phys.*, 1827, t. XXXVII, p. 100) dit avoir constaté que le camphre, traversé par un courant électrique continu, devient de moins en moins odorant, puis cesse de l'être, et le redevient peu à peu par le repos.

un moyen de faire naître des odeurs dans des substances qui, en dehors de ces circonstances, n'ont qu'une action médiocre ou même nulle sur la membrane olfactive (1). D'après Aldrovandi (2), si l'on frappe avec un marteau certaines pierres de Mariembourg, il en sort une odeur de musc. Le frottement développe une odeur fétide dans divers marbres, une espèce de quartz, etc.; il rend odorants le soufre, les résines, le silex et beaucoup de métaux. L'action de la scie sur les os en fait exhaler une odeur spermatique. Quand on travaille sur le tour le bois de hêtre, on sent le parfum de la rose. Certaines feuilles de végétaux, du *myrtus communis*, du *geranium*, etc., deviennent plus odorantes par le froissement; tandis qu'au contraire il suffit de froisser entre les doigts une fleur de violette ou de réséda pour lui enlever son odeur.

6° Sous l'action de l'eau, certaines substances, inodores ou à peu près inodores par elles-mêmes, contractent des propriétés odorantes : tels sont les sulfures alcalins, l'argile impure et la calcédoine pulvérisée, la moutarde noire, les amandes amères, etc. Mais ces phénomènes s'expliquent toujours plus ou moins bien par une réaction chimique amenant le dégagement d'un principe odorant qui d'abord n'existait pas dans la substance.

III. Sans compter toutes les odeurs qui nous échappent et pourtant agissent sur d'autres animaux, le nombre de celles qui nous impressionnent est déjà si considérable qu'on a dû songer à les classer, à les réunir par groupes formés d'après certains caractères communs propres à les différencier ; toutes les tentatives qu'on a faites à cet égard ont été également infructueuses. Une seule base conviendrait à une pareille classification, la nature même des diverses odeurs; mais les notions relatives à cet objet sont évidemment insuffisantes.

Linné (3) rapporte les odeurs à sept sections principales : 1° les odeurs aromatiques, *odores aromatici*, comme celles des fleurs d'œillet, des feuilles de laurier, etc.; 2° les odeurs fragrantes, *odores fragrantes;* exemple : le lis, le safran, le jasmin, etc.; 3° les odeurs ambrosiaques, *odores ambrosiaci* : celles de l'ambre, du musc, etc., sont de ce nombre; 4° les odeurs alliacées, *odores alliacei*, agréables pour les uns, désagréables pour les autres, et plus ou moins semblables à celle que l'ail exhale : assa fœtida et plusieurs autres sucs gommo-résineux; 5° les odeurs fétides, *odores hircini*, comme celles du bouc, du grand satyrion (*orchis hircina*), de la valériane, etc.; 6° les odeurs repoussantes, vireuses, *odores tetri*, comme celles de l'œillet d'Inde et de beaucoup de plantes de la famille des solanées; 7° enfin, les odeurs nauséeuses, *odores nausei*, comme celles de la courge, du concombre, et en général des cucurbitacées.

Haller (4), tenant compte surtout du genre de sensations que les odeurs produisent, divise celles-ci en agréables, désagréables, et mixtes c'est-à-dire indifférentes. Mais, pour empêcher d'admettre une pareille base de classement, il suffit de rappeler qu'on a tous les jours l'occasion de constater qu'une odeur qui plaît à l'un déplaît beaucoup à l'autre.

(1) Il est permis de supposer que la faculté d'être odorant est aussi commune dans les corps de la nature que celle de pouvoir devenir gazeux. Nous ne saurions donc rien affirmer à l'égard de ceux que nous qualifions d'inodores, sinon que nos organes ne sont pas assez délicats pour en saisir les émanations. Combien de ces émanations échappent à l'imperfection de notre odorat, qui, au contraire, impressionnent vivement d'autres animaux !

(2) *Museum metallicum in lib. quatuor distrib.* Bologne, 1648.

(3) *Amœnitates academicæ*, t. III, p. 183. 1756.

(4) *Elem. physiol.*, in-4, t. V, p. 162. Lausanne, 1769.

Lorry (1), admettant qu'un certain nombre d'odeurs, qu'il nomme *radicales*, sont comme la base d'un grand nombre d'autres, en établit cinq classes, dans chacune desquelles devrait toujours se reconnaître, suivant lui, l'odeur primitive et simple, ou du moins le principe odoriférant qui lui fournit sa dénomination. Ces cinq classes comprennent les odeurs camphrées, narcotiques, éthérées, acides volatiles, et alcalines. Est-il besoin de dire qu'il en est un grand nombre qu'on ne saurait rattacher à aucune de ces classes?

Fourcroy (2) a proposé une classification qu'il a essayé de fonder sur la nature chimique des odeurs. Il divise celles-ci en : 1° extractives ou muqueuses; 2° huileuses fugaces; 3° huileuses volatiles; 4° aromatiques et acides; 5° hydro-sulfureuses. Cette division, qui ne s'applique qu'aux aromes végétaux, est évidemment incomplète comme toutes les autres, puisqu'elle laisse de côté les odeurs minérales et animales, d'ailleurs si nombreuses et si variées.

On a prétendu classer les odeurs de bien d'autres manières; mais à quoi bon même les rappeler, quand il est clairement établi que, dans l'état actuel de la science, les éléments d'une classification rationnelle nous échappent?

IV. Nul doute que, par l'intermédiaire de l'olfaction, l'encéphale ne puisse être influencé très directement, et que les effets des odeurs sur l'économie animale ne soient extrêmement variés (3).

Toutefois, il importe de savoir qu'on a souvent attribué, à l'action spéciale des effluves odorants sur l'organe olfactif, des effets qui sont dus en réalité à une tout autre cause. Par exemple, n'est-ce pas plutôt en stimulant surtout les ramifications fournies à cet organe par le trijumeau, nerf de sensibilité générale, que l'inspiration des vapeurs d'ammoniaque prévient ou arrête une syncope, puisque le même phénomène s'observe chez les individus affectés d'anosmie? Dans les cas suivants, cités par H. Cloquet (4), qui oserait affirmer que les accidents ont dépendu d'une action directe des odeurs sur les nerfs olfactifs ou le système nerveux central, et non d'un empoisonnement par absorption pulmonaire? Les personnes occupées à recueillir la bétoine, pendant les fortes chaleurs de l'été, deviennent ivres et chancelantes, comme après un excès de vin; les émanations de la racine d'hellébore blanc causent à ceux qui l'arrachent sans précaution de violents vomissements; des hommes, endormis dans un grenier où se trouvaient des racines de jusquiame noir, se réveillèrent atteints de céphalalgie et de stupeur; les odeurs émanées de cadavres en putréfaction ont suffi pour causer la mort presque instantanée de ceux qui étaient chargés de l'exhumation; en 1779, une femme de Londres, ayant renfermé dans sa chambre à coucher un grand nombre de lis en fleur, fut trouvée morte dans son lit, etc.

Si l'on a fréquemment rapporté à l'odeur des fleurs, en particulier, des accidents dus à l'acide carbonique qu'elles dégagent, un grand nombre semblent pourtant être occasionnés par l'impression olfactive elle-même, qui retentit sur les centres nerveux. La présence de quelques fleurs odoriférantes dans de vastes appartements suffit pour produire, chez certaines personnes, des céphalalgies, des

(1) *Observations sur les parties volatiles et odorantes des médicaments tirés des substances végétales et animales* (*Hist. et Mém. de la Soc. roy. de méd.*, in-4, p. 306, 1785).
(2) *Mém. cit.*
(3) Consultez le savant *Traité d'osphrésiologie* de H. CLOQUET, p. 79 et suiv. Paris, 1821.
(4) *Ouv. cit.*

vertiges, des syncopes, des convulsions, des vomissements, un état de somnolence, etc.; l'odeur du musc ou de l'ambre gris peut occasionner des effets analogues. Schneider (1) a connu une femme qui, aimant les autres odeurs, se trouvait mal en respirant celle des fleurs de l'oranger; une jeune personne devenait aphone lorsqu'on lui mettait sous le nez un bouquet de fleurs odorantes (2); une parente de Scaliger (3) tombait en syncope en flairant un lis, et pensait qu'elle succomberait bientôt si elle s'obstinait à en sentir l'odeur; Rob. Boyle (4) cite un homme fort et robuste à qui l'odeur du café à l'eau donnait des nausées; Orfila et H. Cloquet (5) parlent de personnes qui ne pouvaient sentir l'odeur d'une décoction de graine de lin sans éprouver bientôt à la face une tuméfaction suivie de syncope, etc. Mais à quoi bon multiplier les exemples pour des effets qui dépendent de l'idiosyncrasie des individus, d'une plus ou moins grande susceptibilité nerveuse, souvent aussi de l'imagination (6)?

La nature, en multipliant à l'infini les odeurs agréables, nous a créé une source abondante de plaisir et de sensations voluptueuses que parfois l'habitude convertit en besoins : c'est ainsi qu'on voit les créoles, qui viennent des Antilles dans la mère patrie, ne pouvoir renoncer aux enivrantes émanations de l'air natal, et s'entourer de parfums qui, dans chaque inspiration, leur apportent une jouissance ou un tendre souvenir. On sait combien certains parfums augmentent le penchant aux plaisirs sexuels, et quels puissants moyens ils deviennent pour réveiller des désirs éteints, et leur rendre leur vivacité première. On a dit que la saison des fleurs est aussi celle des amours : les idées voluptueuses se lient à celles des jardins ou des ombrages odorants; et les poëtes attribuent aux parfums la propriété de porter dans l'âme une douce ivresse (7), une langueur indicible. Mais bien évidemment l'imagination intervient, pour la plus grande part, dans beaucoup de ces effets.

V. Nous avons vu que l'air est le véhicule ordinaire des odeurs, qu'il est chargé de les transporter au loin, et de les faire arriver jusqu'à l'organe destiné à les sentir; aussi, chez les animaux vertébrés à respiration aérienne, cet organe est-il toujours placé de manière à en recevoir le contact, c'est-à-dire sur l'une des voies que l'air traverse pour parvenir aux poumons. Une membrane très vasculaire et *nerveuse*, molle, spongieuse, couverte d'un épithélium vibratile, pourvue de nombreuses glandes mucipares, déployée dans les fosses nasales sur des lames osseuses à contours plus ou moins multipliés, et projetée dans diverses ampoules ou sinus existant dans l'épaisseur des os du crâne et de la face, constitue la partie essentielle de l'organe olfactif.

L'étendue de la précédente membrane est une des circonstances qui paraissent le plus influer sur l'activité du sens de l'odorat. Sous ce rapport, l'homme est loin

(1) *De osse cribrif.*, p. 367.
(2) *Journ. de phys. pour l'année* 1780.
(3) *Exercit.* 142, § 2.
(4) *De insign. effic. effluv.*, p. 54.
(5) *Ouv. cit.*, p. 82.
(6) Th. Capellini rapporte qu'une dame qui ne pouvait, disait-elle, souffrir l'odeur de la rose, se trouva mal en recevant la visite d'une de ses amies qui en avait une, et pourtant cette fleur n'était qu'artificielle. (H. CLOQUET, *ouv. cit.*, p. 80.)
(7) CABANIS, *Hist. des sensat.*, dans *OEuv. comp.*, t. III, p. 218. Paris, 1824.

d'être le plus favorisé, et c'est chez les ruminants, chez quelques pachydermes, et surtout chez les mammifères carnivores que la membrane olfactive atteint son plus haut degré de développement. Dans le chien, par exemple, les fosses nasales, les sinus frontaux prennent un accroissement considérable, et un des cornets, faisant saillie dans la narine, présente des subdivisions dichotomiques fort nombreuses; dispositions qui tendent toutes, évidemment, à donner à la membrane siége du sens, une surface plus étendue. Aussi la sagacité olfactive du chien, qui le met sur la trace du gibier ou lui fait retrouver son maître à des distances prodigieuses, est-elle proverbiale. Les chasseurs savent que, pour surprendre les sangliers, il faut se placer au-dessous du vent, afin de dérober à leur odorat de émanations qui les frappent de loin et assez vivement pour leur faire aussitô rebrousser chemin. Dans la saison du rut, les cerfs sont attirés vers leurs femelle de distances souvent énormes, sans qu'on puisse expliquer ce fait autrement que pa l'appréciation d'émanations animales et leur diffusion dans l'atmosphère. Chacun a pu observer que certains ruminants, la chèvre entre autres, refusent, après les avoi flairés, des aliments humectés par notre salive, etc. Aussi Buffon (1) n'hésite pa à avancer que les mammifères quadrupèdes l'emportent de beaucoup sur l'homme pour la finesse de l'odorat. « Ils ont ce sens si parfait, dit-il, qu'ils sentent de plu loin qu'ils ne voient; non seulement ils sentent de très loin les corps présents e actuels, mais ils en sentent les émanations et les traces longtemps après qu'ils son absents et passés. Un tel sens est un organe universel de sentiment; c'est un œi qui voit les objets, non seulement où ils sont, mais même partout où ils ont été... C'est le sens par lequel l'animal est le plus tôt, le plus souvent et le plus sûremen averti; par lequel il agit, il se détermine; par lequel il reconnaît ce qui est convenable ou contraire à sa nature. » Et, en effet, l'instinct des animaux, que personne ne dirige, est admirable sur ce dernier point : la vache, le mouton ou la chèvre, ne broutent point, dans la prairie, les sommités des herbes vénéneuses, et beaucou de voyageurs (2) racontent que, jetés dans des contrées inconnues, ils se sont bien trouvés de l'usage exclusif des fruits ou des plantes dont les singes faisaient leu nourriture (3).

Quant à l'odorat des cétacés, tout est contesté : car ceux-ci admettent, et ceux-là nient l'existence des nerfs olfactifs dans cet ordre de mammifères; les uns supposen que les cétacés odorent, les autres leur refusent toute faculté olfactive. Si Rudolphi (4) appuyé par Tiedemann (5), dit n'avoir pas rencontré la première paire dans le dauphin, la baleine et le narval, de Blainville et Jacobson (6), Treviranus (7) affirmen l'avoir trouvée sur le *delphinus phocæna*, et de plus en ont donné des dessins H. Cloquet (8) a fait la même observation sur le *delphinus globiceps*; enfin, Cuvier (9

(1) *Discours sur les animaux*, édit. de Sonnini, t. XXI, p. 295.

(2) GUMILLA, *Hist. nat. de l'Orénoque*, t. III, p. 200. — KOLBE, *Descrip. du cap de Bonne Espérance.* — LEVAILLANT, *Voyage en Afrique*, etc.

(3) Nous croyons devoir rappeler ici que Jacobson a découvert, dans les fosses nasales des mammifères, un organe singulier à l'aide duquel, suivant cet anatomiste, l'animal exercerait ce sens délicat qui lui révèle, dans les subtiles émanations du corps, des qualités utiles ou nuisibles. P. Gratiolet (*Thèse inaug.*, Paris, 22 août 1845), qui a publié d'importantes recherches sur *l'organe de Jacobson*, est porté à croire que cet organe ne se distingue pas d'avec un simple cornet nasal, que les sensations qu'il procure rentrent dans la classe des sensations olfactives.

(4) *Grundiss der Physiol.*, t. II, p. 105.

(5) *Zeitschrift für Physiol.*, t. II, p. 261.

(6) *Bullet. de la Soc. philom.*, déc. 1815.

(7) *Biologie*, t. V, pl. IV.

(8) *Osphrésiologie*, 2e édit., p. 332. Paris, 1821.

(9) *Règne animal*, t. I, p. 276. Paris, 1817.

avance que, dans les cétacés, le nerf olfactif existe : « seulement il est extrêmement petit ; et si ces animaux, dit-il, jouissent du sens de l'odorat, il doit être fort oblitéré. » Carus (1) va plus loin que Cuvier, et leur refuse positivement l'odorat. Néanmoins, pour prouver qu'ils odorent, on a coutume de citer l'expérience du vice-amiral le Peley (2), qui dit qu'à la côte de Terre-Neuve il est parvenu plusieurs fois à mettre en fuite les baleines qui inquiétaient ses pêcheurs, en faisant jeter à la mer des matières putrides : en admettant la réalité d'un pareil fait, il nous semble bien difficile de l'apprécier à sa juste valeur. Ainsi, d'un côté, il est loin d'être certain que les cétacés manquent de nerfs olfactifs, et, de l'autre, il n'est pas démontré qu'ils odorent ; mais, dût-on leur accorder un sens olfactif rudimentaire, les anatomistes ne sont même pas d'accord sur le siége de ce sens, qui, d'après Rudolphi (3), réside dans les poches intérieures des évents ; qui, selon Cuvier (4), se trouve, au contraire, dans une espèce de grand sac, situé profondément entre l'oreille, l'œil et le crâne, ouvert dans la trompe d'Eustache, et se prolongeant en différents sinus, lesquels ne communiquent point avec les narines.

Malgré les faits surprenants qu'on a coutume de citer sur l'extrême sensibilité olfactive des *oiseaux* (5), beaucoup de physiologistes admettent qu'elle est moindre que celle de la plupart des quadrupèdes, et spécialement des carnassiers ; que la vue, chez les oiseaux, étant la sensation dominante, produit beaucoup des effets qu'on rapporte trop exclusivement à l'odorat. Pour les corbeaux, en particulier, suivant Dugès (6), il paraît indubitable que c'est la vue seule, et une défiance naturelle, mais non pas l'odeur de la poudre, qui leur font fuir le chasseur. Scarpa (7) a signalé, dans la majorité des oiseaux, le volume assez considérable des nerfs olfactifs, et surtout l'ampleur des cavités nasales, quoique d'ailleurs leurs cornets, même chez ceux dont l'odorat est le plus fin soient loin d'être subdivisés comme chez les mammifères carnivores. Leurs fosses nasales communiquent, au niveau du cornet supérieur, avec une poche sous-orbitaire qui fait saillie sous la peau quand l'air la distend, et qui remplace les sinus crâniens et faciaux des mammifères : on sait que la cloison inter-nasale est perforée chez les palmipèdes. Du reste, le même observateur a reconnu que, dans les oiseaux, les nerfs olfactifs varient beaucoup de volume. Ils sont grêles, relativement, dans les gallinacés et les passereaux, plus forts dans les rapaces et les palmipèdes, mais très gros surtout chez les échassiers. Il importe de noter que Scarpa trouve cette graduation proportionnelle à celle de la finesse de l'odorat. Voici, sous ce rapport, dans quel ordre ascendant il dispose les grands groupes de cette classe de vertébrés : 1° les gallinacés, que, dans d'ingénieuses expériences, il n'a vu être rebutés par aucune odeur que celle de l'ammoniaque liquide ; 2° les passereaux, qui refusent les aliments imprégnés de camphre, d'assa fœtida, etc. ; 3° les rapaces, ou oiseaux de proie, qui craignent la plupart des odeurs que nous trouvons suaves et aromatiques ; 4° les palmipèdes, qui montrent plus de susceptibilité encore, à tel point qu'un canard n'a avalé du pain par-

(1) *Traité élém. d'anat. comp.*, trad. de Jourdan, t. I, p. 435.
(2) BUFFON, *Hist. des cétacés*, p. 97, édit. de Sonnini.
(3) *Ouv. cit.*, t. II, p. 106.
(4) *Leç. d'anat. comp. rédigées par M. Duméril*, t. II, p. 671.
(5) Voir plus haut la note de la page 148.
(6) *Physiol. comp.*, t. I, p. 152.
(7) *Anat. disquis. de auditu et olfactu*, in-fol., p. 88.

fumé qu'après l'avoir lavé dans un étang voisin ; 5° enfin, les échassiers, qui paraissent avoir une sensibilité olfactive supérieure à celle de tous les autres oiseaux.

Chez les *reptiles*, à l'exception des crocodiles, les fosses nasales s'ouvrent en arrière, dans la bouche, à travers la voûte palatine, et par conséquent ne se prolongent pas autant que chez les vertébrés des deux classes précédentes : les cornets sont d'ailleurs assez simples, ou même manquent entièrement (1). Toutefois les nerfs, ou plutôt les lobes olfactifs, offrant un volume considérable, il est supposable que les reptiles ont, en général, le sens de l'odorat fort actif. Les ophidiens, dit-on, craignent l'odeur de la rue (*ruta graveolens*), et certains crotales redoutent singulièrement celle de l'*aristolochia anguicida* (2). Scarpa (3) assure que, si après avoir manié des grenouilles ou des crapauds femelles, on plonge les mains dans l'eau, les mâles s'empressent d'accourir de loin et les embrassent étroitement.

Dans les *poissons*, les fosses nasales ne communiquent pas avec l'arrière-bouche, mais représentent des cavités terminées en cul-de-sac. La membrane pituitaire qui les tapisse, offre un grand nombre de plis disposés comme des rayons autour d'un point central, ou rangés parallèlement comme des dents de peigne de chaque côté d'une bande médiane. C'est dans ces plis que s'épanouissent les filets venus d'un énorme nerf, ou plutôt lobe olfactif, dont le volume égale celui de l'hémisphère cérébral et parfois même le surpasse. Les organes olfactifs de la baudroie présentent une disposition particulière qui paraît avoir été signalée, pour la première fois, par Scarpa (4). Ils consistent en deux petites coupes cylindroïdes, portées sur un assez long pédicule qui s'implante au-devant de la tête ; du reste, dans leur intérieur se retrouvent les mêmes feuillets que chez les autres poissons, et aussi les ramifications de la même paire nerveuse.

On ne peut contester aux poissons la faculté de percevoir les odeurs (5) malgré le milieu dans lequel ils vivent. De tout temps, les pêcheurs ont observé qu'on les attire ou les fait fuir avec certaines substances odorantes, et l'on ne saurait douter que ce ne soit par l'odorat que le requin et autres squales sont attirés, souvent en foule, autour d'un cadavre jeté à la mer. Divers voyageurs racontent que, quand des blancs et des noirs se baignent ensemble dans des lieux fréquentés par les requins, les noirs, dont les émanations sont plus actives que celles des blancs, sont plus spécialement poursuivis par ces animaux, qui ordinairement les choisissent pour leur première proie.

La plupart des *animaux invertébrés* semblent être pourvus de l'odorat, et même

(1) Dans le *proteus anguinus*, les fosses nasales présentent des feuillets membraneux et une pituitaire plissée comme chez les poissons.
(2) *Journal des savants*, 1er mars 1666.
(3) *Ouv. vit.*, p. 80.
(4) *Ouv. cit.*
(5) Suivant Duméril (*Mém. sur l'odorat des poissons*, dans *Mag. encyclop.*, t. V, 1807) l'organe de l'olfaction n'existerait point chez les poissons, et serait transformé en une sorte d'organe de goût. Mais évidemment ce qu'il y a d'essentiel dans la sensation olfactive ne tient pas à la nature gazeuse de la matière odorante, mais à la sensibilité toute spéciale du nerf olfactif, à la différence qui existe entre cette sensibilité et celle des autres nerfs sensoriaux.

quelques espèces se distinguent par une grande activité de ce sens. Quant à son siége, on en est réduit à faire des conjectures plus ou moins vraisemblables.

Le principe odorant du miel attire de très loin les guêpes, les mouches et les fourmis; il en est de même de la viande pour certaines mouches qui viennent y déposer leurs œufs. Souvent des papillons mâles s'obstinent à voltiger autour d'une boîte fermée dans laquelle se trouve une de leurs femelles qu'ils ne peuvent apercevoir (1) : ce fait s'observe surtout chez un petit papillon de nuit, *bombyx antiqua*. Les écrevisses sont promptement attirées autour de diverses substances odorantes qu'on jette dans les ruisseaux qu'elles habitent. D'après les observations de Swammerdam (2), les escargots sortent de leur coquille et s'avancent vers les herbes fraîches qu'ils odorent, etc.

De Blainville (3) place, dans les tentacules antérieurs des mollusques gastéropodes, les organes olfactifs que d'autres anatomistes font résider à la marge du sac pulmonaire. Suivant Duméril (4), le siége du sens de l'odorat, chez les insectes, existe au niveau des stigmates ou petites ouvertures extérieures des conduits aériens; tandis que, d'après d'autres physiologistes, et Dugès (5) en particulier, il se trouverait dans les antennes. Du reste, les expériences de ce dernier, ainsi qu'il l'avoue lui-même, sont loin de pouvoir être présentées comme preuves irrécusables à l'appui de cette opinion.

VI. Il ne nous suffit pas de savoir que, chez les vertébrés à respiration aérienne, la pituitaire, déployée dans les fosses nasales et pourvue de deux sortes de nerfs, est la seule membrane de leur corps qui soit impressionnable aux odeurs; nous devons encore chercher à reconnaître : 1° si pareille impressionnabilité existe dans toute l'étendue de cette membrane, ou seulement pour quelques uns de ses points; 2° si une seule espèce des nerfs qui pénètrent dans les narines, ou bien les deux, sont aptes à transmettre les impressions olfactives à l'encéphale.

Le lecteur trouvera cette dernière question discutée, avec beaucoup de détails, à l'article qui traite des fonctions du nerf olfactif (6). Pour l'instant, je me bornerai à rappeler que de nombreux faits, empruntés à l'anatomie pathologique, à l'anatomie anormale et à l'anatomie comparée, concourent tous à établir, de la manière la plus certaine, que ce nerf seul sert à l'odorat, que nul autre ne saurait le suppléer ou lui servir d'auxiliaire.

Les dissections les plus attentives démontrent que le nerf olfactif n'envoie ses filets qu'à la portion de la pituitaire qui revêt la voûte des fosses nasales au niveau de la lame criblée, la surface supérieure de la cloison, le cornet supérieur et le cornet moyen avec le méat qui existe entre eux. Or, il est facile d'instituer des expériences propres à prouver que ces points des fosses nasales sont justement ceux qui, à l'exclusion des autres, jouissent de la faculté d'être impressionnés par les odeurs. Faites pénétrer à une certaine profondeur, dans l'une de vos narines, un tube de verre que vous tiendrez horizontalement au-dessus d'une substance odorante, puis, la bouche et l'autre narine étant closes, aspirez; l'olfaction sera nulle, à moins qu'il ne

(1) *Encyclop.*, édit. de Neuchâtel, t. XXIII, p. 412.
(2) *Collect. acad. de Dijon*, part. étrang., t. V, p. 64.
(3) *Principes d'anat. comp.*, t. I, p. 341.
(4) *Dissertation sur l'organe de l'odorat et sur son existence dans les insectes*, dans *Magasin encycloped.*, an V, t. II, p. 435.
(5) *Physiol. comp.*, t. I, p. 160.
(6) Voir plus loin, 2e partie, p. 276 et suiv.

s'agisse d'une odeur très pénétrante et très expansible : rendez, au contraire, la direction du tube verticale, et la sensation sera vive, parce que l'air odorant ira impressionner la portion supérieure de la pituitaire où s'épanouissent les nerfs olfactifs. Là, par conséquent, se trouvent en effet les seuls points de cette membrane pourvus de sensibilité spéciale, tandis que tous les autres, qui reçoivent des filets du trijumeau, ne jouissent que de la sensibilité générale ou commune (1).

VII. Maintenant il importe de faire connaître le mécanisme de l'odorat, les conditions nécessaires à l'exercice de ce sens, et le rôle des diverses parties de l'appareil olfactif, chez les vertébrés à respiration aérienne.

Le mécanisme de l'odorat est fort simple : il faut seulement que le mucus nasal s'imprègne des particules odorantes disséminées dans l'air qui traverse les fosses nasales, et que ces particules soient ainsi arrêtées sur la portion de membrane pituitaire qui reçoit les filets des nerfs olfactifs.

L'inspiration de l'air odorant, son passage à travers les fosses nasales, et son ascension vers leur partie supérieure, la sécrétion normale de la pituitaire, sont donc les conditions fondamentales de toute impression olfactive. Aussi, d'après les expériences déjà anciennes de Lower (2), admises par Cl. Perrault (3), les animaux dont la trachée-artère est coupée, et qui ne respirent plus par les narines, cessent-ils d'être impressionnés par les odeurs (4) ; aussi encore, chez l'homme, la destruction du nez, organe qui sert à diriger les effluves odorants vers la voûte nasale, entraîne-t-elle l'anosmie, d'après Béclard (5) ; aussi enfin, toute influence morbide qui modifie la sécrétion de la muqueuse sensoriale réagit-elle d'une manière fâcheuse sur la fonction olfactive.

L'olfaction peut s'exercer d'une manière passive et involontaire, comme dans les cas où les mouvements ordinaires de la respiration entraînent, sans que nous l'ayons recherché, des molécules odorantes vers les narines. Elle peut aussi être volontaire, comme dans l'action de *flairer*.

Dans ce dernier mode d'olfaction, auquel on a recours pour rendre la sensation plus vive, en fermant d'abord la bouche, tantôt on exécute une inspiration longue et soutenue, tantôt on fait une série d'inspirations brèves et fréquentes : alors, d'après Ch. Bell (6) et Diday (7), le petit appareil musculaire qui borde l'orifice antérieur des narines, et qui est animé par le nerf facial, intervient efficacement pour resserrer cet orifice et le mieux diriger en bas, dans le double but d'augmenter la rapidité du courant d'air et de le diriger vers la partie supérieure des fosses nasales, siége du sens de l'odorat (8). Il est d'ailleurs évident que, dans l'action de flairer, la volonté ne met en jeu que les organes respiratoires, afin d'accroître

(1) Voir plus loin, 2[e] partie, p. 293, ce qui concerne l'influence du trijumeau sur l'organe de l'odorat.

(2) *Transact. philos.*, n° 29.

(3) *Essais de physique*, t. III, p. 341, 1[re] part., chap. III. Amsterdam, 1727.

(4) P. Bérard a constaté l'abolition de l'odorat sur un homme qui s'était complétement divisé la trachée avec un rasoir (*Dict. de méd., ou Répert. génér. des sc. méd.*, 2[e] édit., t. XXII, p. 6).

(5) P. Bérard (*Rec. cit.*, p. 9) a vu, dit-il, deux exceptions à cette règle.

(6) *Expos. du syst. nat. des nerfs*, trad. de Genest, p. 160 et suiv. Paris, 1825.

(7) *Mém. sur les appareils musculaires annexés aux organes des sens*, dans *Gaz. méd. de Paris*.

(8) Voir plus loin, 2[e] partie, p. 360, *Influence du nerf facial sur l'odorat et les mouvements du voile du palais*.

indirectement l'intensité de la sensation, mais qu'elle ne peut agir sur l'organe sensorial lui-même.

Il est des circonstances dans lesquelles, au contraire, nous avons intérêt à amoindrir nos sensations olfactives, et alors les choses se passent tout autrement. Si nous nous observons attentivement au moment où une odeur désagréable vient de nous impressionner, nous constatons qu'une forte expiration s'effectue d'abord, dans le but d'expulser l'air odorant, puis que l'inspiration, au lieu de se faire par les narines, a lieu instinctivement par la bouche : le voile du palais s'élève pour devenir horizontal, tend à fermer en arrière les orifices des narines, empêche la circulation de l'air dans leur intérieur, et, par conséquent, prévient ainsi le retour de nouvelles impressions pénibles sur la membrane olfactive. C'est en me basant sur ces observations et sur une analogie dans le mode de répartition nerveuse (1) que j'ai été amené autrefois à faire un rapprochement physiologique entre l'iris et le voile du palais, c'est-à-dire à voir dans ce dernier un moyen propre à nous défendre contre l'action d'odeurs désagréables, ainsi que l'iris, en resserrant son ouverture, nous protége contre une lumière trop intense.

Une question offrant quelque intérêt est celle de savoir si l'on peut ou non percevoir les odeurs qui arrivent avec l'air expiré, d'arrière en avant, dans les fosses nasales. Haller (2) n'hésite point à résoudre cette question par la négative, et il rappelle que son opinion est conforme à celle de Galien. Cl. Perrault (3) pense, au contraire, que « le mouvement et l'impulsion que l'air a dans la respiration servent aussi à porter les odeurs sur l'organe de l'odorat, et que cette impulsion se fait par les narines *ou par l'ouverture qui est au palais;* » puis il rappelle que certains animaux, comme le cormoran (4), ne peuvent recevoir les odeurs que par cette dernière ouverture, attendu qu'ils ont les narines imperforées en avant.

De nos jours, P. Bérard (5) a adopté le sentiment de Galien et de Haller en se fondant sur ces faits que les phthisiques ne perçoivent pas l'odeur de l'air venu des cavernes de leur poumon, et que l'air expiré se charge de l'odeur de l'alcool, de l'ail, de diverses autres substances volatiles, sans qu'il en résulte aucune impression sur la membrane pituitaire. Mais Debrou (6) a cru devoir se ranger à l'opinion de Perrault : « On ne voit pas, dit cet observateur, pourquoi un air odorant, venu de la poitrine ou de l'estomac, ne ferait pas impression sur les nerfs olfactifs. Peut-être l'impression sera-t-elle moins facile alors, parce que le chapiteau nasal, avec sa voûte, ses muscles et son ouverture inférieure, contribue à la perfection de l'odorat en dirigeant les vapeurs odorantes vers la partie supérieure du nez, là où sont les ramifications du nerf; mais enfin il suffit que de l'air chargé d'odeurs arrive sur le nerf olfactif pour que l'impression sensorielle ait lieu : rien n'étant modifié au nerf, ni à la matière odorante, une modification de courant peut seulement rendre le sens moins parfait, non l'annuler. Si un phthisique, un individu qui a bu de l'alcool ou mangé de l'ail, ne sentent pas des odeurs qu'ils portent en eux, bien que ces odeurs soient senties par les assistants, cela doit s'expliquer par la

(1) Voir pour les détails, *le nerf facial*, 2ᵉ partie, p. 360, et mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. II.
(2) *Elem. physiol.*, t. V, p. 173.
(3) *Mécanique des animaux*, t. III, p. 341, 1ʳᵉ partie, chap. III, des *Œuv. de phys. et de mécanique*. Amsterdam, 1727.
(4) Oiseau de l'ordre des palmipèdes.
(5) Art. OLFACTION du *Dict. de méd.* en 30 vol., t. XXII, p. 7. Paris, 1840.
(6) *Thèse inaug.*, p. 29. Paris, 31 août 1841.

durée de l'impression, durée qui, on le sait, diminue la perception et la rend inapercevable. » Puis, à l'appui de sa manière de voir, Debrou cite l'expérience suivante : ayant fait choix d'une substance odorante qui ne pût impressionner le goût (eau affaiblie de fleurs d'oranger), il a avalé une gorgée de ce liquide, et aussitôt, expirant par les narines, il en a perçu manifestement l'odeur. Si, au moment d'expirer, on se pince les narines, la sensation est encore plus vive dès l'instant où on les ouvre, parce que la vapeur odorante s'est accumulée en haut, et qu'on établit de la sorte un courant artificiel, semblable à celui que nous produisons en flairant.

Je suis de ceux qui pensent que les particules odorantes, chassées avec l'air expiré, peuvent agir sur la muqueuse olfactive, mais que la persistance de l'impression peut finir par rendre celle-ci inappréciable. Récemment, le docteur Louis et moi avons donné des soins à un malade affecté de cancer de l'estomac, et qui, avant de succomber, eut des vomissements d'une fétidité extraordinaire : ceux-ci furent annoncés, huit jours seulement à l'avance, par des rapports exhalant la même odeur qu'on retrouva plus tard dans les matières vomies. D'abord le malade, qui le plus souvent fermait la bouche pour expirer par le nez les gaz venus de l'estomac, sentait, disait-il, une odeur infecte *à chaque expiration ;* puis peu à peu les rapports devenant plus fréquents, l'impression fut moins pénible, et elle avait déjà disparu quand les vomissements survinrent. J'ai fait des remarques analogues, relativement à l'action de l'air expiré sur la pituitaire, chez une femme âgée, atteinte de gangrène du poumon droit. Dupuytren ayant injecté un liquide odorant dans les veines d'un chien, vit cet animal ouvrir ses nasaux, élever la tête, et se promener comme pour chercher, au dehors de lui, la cause de l'odeur qui l'impressionnait (1). Il est vrai que, pour ce dernier cas, on pourrait objecter que la sensation ne s'est produite qu'après que l'animal, en inspirant, a eu attiré vers ses narines les particules odorantes chassées d'abord par l'expiration. Mais pourquoi aller chercher de semblables exemples ? Tous les jours, quand nous avalons des substances capables d'agir à la fois sur le goût et sur l'odorat, ne percevons-nous pas des impressions olfactives, surtout en expirant par le nez, impressions qui cessent d'avoir lieu lorsque, pinçant cet organe entre les doigts, nous empêchons le courant d'air d'arrière en avant ? Si d'ailleurs, pour bien des substances, la sensation paraît alors différer de celle qui est produite dans l'inspiration, cela peut tenir à ce que l'intensité de l'impression n'est pas la même dans les deux cas. Je reviendrai plus loin sur ces faits en parlant de la liaison du goût avec l'odorat.

Nous avons dit que l'étendue de la membrane pituitaire était une des circonstances qui semblaient le plus influer sur l'activité du sens de l'odorat, et nous avons vu qu'en effet les contours des cornets étaient généralement d'autant plus multipliés, et les sinus, communiquant avec les fosses nasales, d'autant plus vastes, que les animaux avaient ce sens plus fin et plus développé. Mais il reste à déterminer comment ces cornets et ces sinus peuvent concourir à l'olfaction. Or, on ne trouve que des opinions dissidentes à cet égard : les uns croient que les lames des cornets servent à retenir les émanations odorantes dans les fosses nasales ; les autres supposent qu'elles forment des conduits propres à diriger l'air odorant vers les embouchures des sinus. Quant à ces dernières cavités, on en a fait le siége même

(1) *Osphrésiologie*, par H. Cloquet, 2e édit., p. 370. Paris, 1821.

du sens olfactif, ou bien des réservoirs dans lesquels les odeurs doivent séjourner, ou encore la source d'un liquide qui vient sans cesse humecter les méats, et qui donne à la pituitaire l'humidité indispensable à sa fonction sensoriale. Suivant Blumenbach (1), qui a émis cette dernière opinion, les orifices des sinus sont dirigés de telle manière que, dans les différentes positions de la tête, le fluide sécrété peut toujours s'écouler des uns ou des autres dans les narines.

Pour démontrer que le sens de l'odorat ne réside point dans les sinus, on a d'abord rappelé que la membrane qui les tapisse ne reçoit aucun filet du nerf évidemment destiné à transmettre les impressions olfactives; puis on a cité diverses expériences faites sur l'homme lui-même : Deschamps (2), chez un individu dont le sinus frontal communiquait avec l'extérieur, a poussé de l'air saturé de vapeurs de camphre dans cette cavité, dont il avait d'abord intercepté la communication avec les fosses nasales, et le malade ne perçut aucune odeur. Richerand (3) a vu des injections odorantes, faites dans l'antre d'Hygmore par une fistule au bord alvéolaire, ne produire aucune sensation olfactive.

D'après P. Bérard (4), l'usage des sinus serait de faire pénétrer l'air chargé des émanations odorantes dans toutes les anfractuosités des fosses nasales. Lorsqu'une odeur nous revient après que nous avons cessé de la respirer, cela tient vraisemblablement à ce qu'il s'était introduit dans les sinus des molécules odorantes qui s'en échappent plus tard.

Quant au *nez*, il paraît destiné à diriger l'air, chargé d'odeurs, vers la partie supérieure des fosses nasales, où s'accomplit l'impression. On prétend que, chez ceux qui ont le nez épaté, les narines petites et trop dirigées en avant, l'olfaction est presque nulle. La privation de cet organe, par maladies ou par accidents, entraîne ordinairement l'anosmie, à laquelle on remédie, jusqu'à un certain point, par l'adaptation d'un nez artificiel. En tamisant l'air, les petits poils ou *vibrisses* qui se trouvent à l'orifice antérieur des narines peuvent y prévenir l'introduction de corpuscules étrangers, et servir ainsi à la protection de la membrane pituitaire.

VIII. Les *usages de l'odorat*, relativement à la conservation de l'individu, sont des plus importants. Ce sens garde l'entrée des voies respiratoires, explore les gaz à leur passage par les narines, et nous révèle les qualités nuisibles de l'air. Il est aussi le premier explorateur des aliments nouveaux; souvent la seule odeur qu'ils exhalent, au moment où on les porte à la bouche, suffit pour les faire rejeter ou admettre. Du reste, sous le double rapport dont il s'agit, les indications fournies par l'odorat sont loin d'être aussi parfaites pour l'homme que pour la plupart des animaux : chez celui-ci, elles sont trop souvent trompeuses ou au moins insuffisantes, en ne lui décelant pas dans l'air les gaz dont la respiration est dangereuse, ou bien en lui faisant trouver une odeur peu agréable à un bon aliment, et une odeur agréable à de certains poisons; pour les animaux, au contraire, nous avons déjà eu occasion de citer divers exemples qui prouvent avec quelle étonnante sûreté l'odorat les guide à la fois dans la recherche et le choix de leur nourriture. L'odeur d'un aliment qui plaît provoque la salivation et fait naître l'appétit; mais, quand celui-ci est satisfait, la même odeur n'excite plus guère qu'un sentiment de dégoût : cette

(1) *Instit. physiol.*, p. 193; 1798.
(2) *Des maladies des fosses nasales et de leurs sinus*, p. 62 et suiv. Paris, 1803.
(3) *Élém. de physiol.*, t. II, p. 272; 10e édit. Paris, 1833.
(4) Art. OLFACTION, dans *Rec. cit.*, p. 11.

dernière impression est une sentinelle vigilante que la nature semble avoir préposée à l'entrée des organes digestifs pour mettre un terme à la gloutonnerie, et il est parfois dangereux, et toujours imprudent, de désobéir à sa voix (1).

L'odorat intervient dans l'éveil du désir vénérien chez quelques personnes : il est des hommes qui trouvent, dans l'influence exercée par l'odeur de la vulve sur la pituitaire, le principe de dispositions très érotiques ; l'odeur de l'homme lui-même réveille, chez quelques femmes ardentes, le besoin du plaisir. Mais le souvenir et l'imagination doivent avoir ici une grande part : n'en est-il pas ainsi pour l'impression électrique que produit, surtout dans la jeunesse, l'atmosphère exhalée de certaines femmes, et que la volupté ressaisit même dans les vêtements qu'elles ont quittés ? Quoi qu'il en soit, chez les animaux, la liaison entre les fonctions olfactive et génitale est aussi incontestable qu'elle est intime : à l'époque du rut, les individus d'une même espèce devaient se rechercher mutuellement ; il leur fallait donc un moyen de se diriger les uns vers les autres, un moyen d'excitation, et la nature a pris le soin de faire exhaler, vers cette époque, une odeur forte et spéciale aux organes sexuels de la plupart des animaux ; rien, en effet, ne pouvait mieux leur servir que ces émanations entraînées au loin par les courants atmosphériques.

Comparé à la vue, au tact et à l'ouïe, ces trois sources abondantes de nos sensations et de nos idées, l'odorat apprend peu à l'intelligence. Il fournit néanmoins au botaniste, au minéralogiste, au chimiste, etc., des notions utiles pour leur faire reconnaître les différences des corps. Mais l'odorat procure un plus grand nombre de connaissances aux animaux qu'à l'homme, et, d'après Buffon (2), « ce sens admirable seul pourrait leur tenir lieu de tous les autres sens. » « Chez eux, dit-il (et je reproduis volontiers ses paroles que j'ai déjà citées), l'odorat est un organe universel de sentiment ; c'est un œil qui voit les objets, non seulement où ils sont, mais partout où ils ont été... C'est le sens par lequel l'animal est le plus tôt, le plus souvent et le plus sûrement averti, par lequel il agit, il se détermine ; par lequel il reconnaît ce qui est convenable ou contraire à sa nature ; par lequel enfin il aperçoit, sent et choisit ce qui peut satisfaire son appétit. » Nul doute, en effet, que, par l'odorat seul, beaucoup d'animaux n'acquièrent des notions fort exactes sur diverses qualités des corps, sur leur distance et leur direction ; aussi, quand on leur présente une substance qui leur est inconnue, les voit-on beaucoup plutôt l'explorer à l'aide de l'odorat que la toucher ou la regarder.

IX. Si, sous le rapport de la finesse et de l'étendue de l'odorat, nous avons déjà signalé de grandes différences dans les diverses classes des animaux, il nous reste à faire savoir que des différences non moins remarquables peuvent se rencontrer dans les divers individus d'une même espèce. En effet, s'il existe dans la science des exemples d'hommes privés ou à peu près privés du sens olfactif, il en est aussi d'autres qui se rapportent à des individus chez lesquels ce sens ne semblait le céder en rien à celui de certains quadrupèdes. Woodwart parle d'une femme qui prédisait les orages plusieurs heures d'avance, par une odeur sulfureuse qu'elle reconnaissait alors dans l'air. Un religieux de Prague, non seulement reconnaissait par l'odorat les différentes personnes, mais encore distinguait une fille ou une femme chaste d'avec celles qui ne l'étaient point (3). Au récit des voyageurs, les Indiens de

(1) GERDY, *Physiol. philos. des sensations*, etc., p. 77.
(2) *Disc. sur les animaux* ; édit. de Sonnini, t. XXI, p. 295. Paris, an VIII.
(3) *Journal des savants*, 1684, et *Œuvres* de LECAT, t. II, p. 257. Paris, 1767.

l'Amérique du Nord poursuivent leurs ennemis ou leur proie à la piste (1). La race mongole et la race nègre paraissent, en raison de l'amplitude des cavités nasales, avoir l'odorat plus parfait et plus étendu que les peuples d'Europe : les Kalmoucks sont cités, entre tous les Asiatiques, pour la finesse extraordinaire de l'odorat. On rapporte aussi de remarquables exemples de la délicatesse de ce sens chez les nègres ; quelques uns distinguent les traces d'un blanc de celles d'un noir ; d'autres, dit-on, suivent à la piste et découvrent les nègres marrons, c'est-à-dire ceux de leurs malheureux camarades qui, pour échapper à la tyrannie d'un maître cruel, s'enfuient dans les forêts.

SENS DU GOUT.

Le goût est celui de nos sens auquel nous devons la notion des *saveurs*.

I. Dans le langage physiologique, sous le nom de *saveur* on désigne tantôt la sensation particulière qui résulte de l'action des corps sapides sur l'organe du goût, tantôt la qualité inhérente et propre à ces corps eux-mêmes. En choisissant la dernière désignation, nous reconnaissons néanmoins que la saveur n'est, dans cette classe de corps, qu'une manière d'être relátive, une qualité perceptible, et qu'elle n'existe réellement que par le rapport qui s'établit entre les substances sapides et l'organe apte à en recevoir l'impression.

C'est en vain qu'on s'est efforcé de découvrir la cause intime de la sapidité et de ses diverses nuances ; on n'a produit que des hypothèses sans fondement. Bellini, Rob. Boyle, etc., s'expliquent la diversité des saveurs par les formes différentes des molécules des corps sapides ; d'autres, pour rendre compte de la qualité propre à ces derniers, y admettent un principe spécial qui leur est intimement uni, etc. Mieux vaut avouer notre ignorance que d'émettre des explications fondées sur des erreurs ou recueillies dans les ténèbres.

Du reste, les saveurs naturelles ou artificielles sont tellement diversifiées et se combinent de tant de manières, qu'elles se jouent des efforts de classifications auxquels elles ont donné lieu. Faut-il rappeler que Galien divisait les saveurs en austères, acerbes, amères, salées, âcres, acides, douces et grasses ; que Boerhaave les distinguait en *primitives*, comme l'acide, le doux, l'amer, le salé, l'âcre, l'alcalin, le spiritueux, l'acerbe, l'aromatique, et en *composées*, c'est-à-dire résultant de la combinaison des saveurs primitives ; que Linnée, les opposant entre elles, les partageait en salées et visqueuses, sèches et aqueuses, styptiques et grasses, âcres et douces ; que Haller (2) admettait l'acide, le doux, l'amer, le salé, le spiritueux, puis l'acerbe, l'austère, l'urineux, l'aromatique, le nauséeux et le putride ?

Une distinction, établie instinctivement par les animaux eux-mêmes, est celle qui divise les saveurs en *agréables et désagréables ;* elle semble être aussi la plus importante, car les corps dont la saveur déplaît sont le plus souvent nuisibles à l'économie, et ceux qui plaisent au goût sont en général utiles à la nutrition. Mais les considérations suivantes pourront servir à démontrer qu'il ne saurait y avoir rien de fixe, rien d'absolu dans une pareille distinction.

(1) *Mém. de l'Amér. sept.*, par de la HONTAN. Lahaye, 1715, in-12, t. II, p. 177.
(2) *Elem. physiol.* t. V, p. 117. Lausanne, 1763.

II. Bien des influences diverses peuvent modifier la gustation, et par suite nos idées sur les saveurs. Et d'abord, qui ne sait que telle saveur qui plaît à une espèce animale, à un individu, est repoussante pour une autre espèce, pour un autre individu? Ajoutons que l'habitude, l'âge, la maladie, l'état de vacuité ou de plénitude de l'estomac, etc., peuvent singulièrement changer les appétences de notre goût.

Les Siamois et les habitants du Bengale mangent, dit-on, avec délices des œufs couvés et à moitié pourris; les Esquimaux boivent de l'huile de phoque de préférence à l'eau pure répandue en abondance autour d'eux; les Espagnols, les habitants du midi de la France font un grand usage de l'ail, de l'oignon et les mangent avec plaisir à l'état de crudité, quoique les saveurs de ces substances crues déplaisent à un fort grand nombre de personnes; il est, au contraire, des individus qui repoussent les saveurs alcooliques et sucrées, bien qu'elles soient trouvées généralement agréables, etc. « L'imagination, dit Lecat (1), entre pour sa part dans la sensation du goût aussi bien que dans toutes les autres. Pourquoi est-ce que je haïssais jadis l'amertume du café, et qu'elle fait aujourd'hui mes délices? Pourquoi la première huître que j'ai avalée m'a-t-elle fait autant d'horreur qu'une médecine, et qu'insensiblement ce mets est devenu un de mes plus friands ragoûts? Cependant l'action du café et des huîtres sur mes organes n'a pas changé..... Tout le changement est donc du côté de l'âme, qui ne se forme plus les mêmes idées à l'occasion des mêmes impressions. Il n'y a donc pas d'idées attachées essentiellement à telles ou telles impressions, au moins il n'y en a pas que l'âme ne puisse changer. De là viennent ces goûts de mode, ces ragoûts chéris dans un pays, détestés dans d'autres; de là vient enfin qu'on *s'accoutume* au désagréable, et qu'on le métamorphose quelquefois en un objet de plaisir. » C'est ainsi que l'habitude, selon son degré, fait juger tour à tour agréable ou désagréable une saveur qui, primitivement, avait déplu ou avait été recherchée.

Tandis que la faim donne un grand prix à la saveur de certains aliments, la satiété rend la même saveur presque insupportable. Un mets estimé, qui, par une circonstance quelconque, a provoqué une indigestion, répugne, pendant un certain temps, au sens du goût.

Les aliments les plus délicats sont sans saveur, terreux ou amers, quand l'estomac est malade : un dégoût insurmontable, une répugnance invincible s'opposent à ce que certains d'entre eux soient ingérés; et les impressions, que produisaient naguère sur l'organe gustatif les substances soumises à son exploration, ont entièrement changé de nature. L'encéphale et les nerfs sensoriaux sont demeurés ce qu'ils étaient; mais la langue s'est couverte d'un enduit muqueux ou bilieux, et tout produit sur elle une impression fade ou amère. C'est ainsi que, par ses aberrations, le goût témoigne de la solidarité intime qui existe entre lui et l'organe principal de la digestion : aussi son retour à l'état normal est-il comme un gage de la convalescence.

On connaît la singulière tendance de certains enfants, de filles chlorotiques ou de femmes enceintes à se nourrir d'aliments inusités et de substances plus ou moins dégoûtantes. Baudelocque cite de curieux exemples de femmes qui, dès le moment où elles avaient conçu, prenaient du dégoût pour certains aliments qu'elles aimaient beaucoup auparavant.

(1) *Traité des sensations*, t. II, p. 228. Paris, 1767.

Telle saveur qui, dans un âge de la vie, paraissait agréable, ne l'est plus dans un autre; recherchée dans l'enfance, elle offusque le sens du vieillard. L'enfant préfère les substances douces et peu sapides; l'homme mûr, surtout le vieillard, recherchent les mets fortement savoureux ou de haut goût.

III. Il n'est pas aussi facile qu'on pourrait le croire, de préciser le *siége du goût :* quand une substance sapide est introduite dans la bouche, l'impression spéciale qu'elle y détermine semble se faire sentir indistinctement dans toutes les parties de cette cavité, tant est grande la mobilité de la langue, tant est rapide la diffusion de la salive imprégnée des molécules sapides. Et pourtant, tous les points de la muqueuse buccale ne jouissent pas de la faculté d'être impressionnés par les saveurs, comme chacun peut le reconnaître sur soi-même, en prenant les précautions convenables. C'est à l'aide de ces précautions, qui consistent à isoler complétement chaque partie de la bouche dont on veut apprécier la propriété gustative, que, de nos jours, plusieurs expérimentateurs se sont appliqués à rechercher le véritable siége du goût. Mais, comme cela arrive trop souvent en physiologie, pourquoi faut-il qu'on ne trouve pas dans les résultats qu'ils annoncent toute la concordance désirable?

En se servant d'une petite éponge attachée à l'extrémité d'une mince tige de baleine pour porter plus commodément la substance savoureuse sur chaque endroit qu'il voulait explorer, Ant. Vernière (1) affirme avoir trouvé constamment insensible aux saveurs la membrane muqueuse de la voûte palatine (portion osseuse), des gencives, des joues, des lèvres, de la région moyenne et dorsale de la langue, tandis qu'il aurait reconnu la sensibilité gustative dans la muqueuse qui recouvre les glandes sublinguales, la face inférieure, la pointe, les bords et la base de la langue, les piliers et les deux faces du voile du palais (2), les amygdales et enfin le pharynx lui-même.

Trois années après la publication du travail de Vernière, J. Guyot et Admyrauld (3), ayant isolé des parties environnantes la partie antérieure de la langue, en l'engageant dans un sac de parchemin très souple et ramolli, ont conclu de leurs expériences: 1° que les lèvres, la partie interne des joues, la voûte palatine, les piliers du voile du palais, la face dorsale et la face inférieure de la langue, le pharynx, sont tout à fait étrangers à la perception des saveurs; 2° que l'exercice du sens du goût n'a lieu que dans la partie postérieure et profonde de la langue, au delà d'une ligne courbe à concavité antérieure, passant par le trou borgne, et joignant les deux bords de l'organe en avant des piliers; sur les bords de la langue, dans toute leur épaisseur et sur une surface d'environ deux lignes qui les prolonge et les unit à la face dorsale; sur sa pointe avec un prolongement de quatre à cinq lignes sur la face dorsale, et d'une à deux sur la face inférieure; enfin, sur une petite surface du voile du palais située à peu près au centre de sa face antérieure.

Ainsi, d'après ces deux derniers expérimentateurs, si l'on excepte le point qu'ils indiquent sur le voile du palais, la langue est le siége unique du goût, et encore toutes ses parties ne concourent-elles pas à l'exercice de ce sens. Au contraire,

(1) *Sur le sens du goût.* Dans le *Journ. des progrès*, etc., t. III, p. 208, et t. IV, p. 219; 1827.

(2) En parlant de la luette, Vernière dit qu'elle ne lui a pas semblé être plus sensible aux saveurs que les autres parties du voile du palais.

(3) *Mémoire sur le siége du goût chez l'homme.* Paris, 1830. — Extr. dans *Bulletin des sc. méd.*, de Férussac, t. XXI, p. 18.

pour Vernière (1) le champ des surfaces gustatrices, beaucoup moins restreint, s'étend à d'autres organes, tels que le pharynx et le voile du palais avec ses piliers. Aussi cet auteur fait-il observer que l'organe du goût, pris dans son ensemble, se présente sous la forme d'un cône dont le sommet est sur la pointe de la langue et la base vers le pharynx ; d'où il résulte qu'au fur et à mesure que l'aliment avance, il doit développer des sensations plus étendues et plus vives, qui, suivant leur nature, excitent à le rejeter ou à en opérer la déglutition. Puisque, d'ailleurs, les sensations sapides peuvent encore se développer en l'absence de la langue, cela tend à prouver qu'en effet cet organe n'est pas le seul dépositaire du goût (2).

J'ai reproduit, sur moi-même et sur un assez grand nombre d'autres personnes, les expériences de Vernière, de J. Guyot et Admyrauld, avec toutes les précautions indiquées par leurs auteurs ; voici, en peu de mots, les résultats de mes recherches. Ces résultats concordent généralement avec ceux de Vernière : seulement, 1° je ne crois devoir admettre la sensibilité gustative ni pour la muqueuse qui revêt la face supérieure du voile du palais, ni pour celle qui recouvre les glandes sublinguales et la face inférieure de la langue ; 2° je ne regarde pas comme absolument dépourvue de ce mode de sensibilité la région supérieure et moyenne de la langue.

J'ai essayé d'établir la topographie du sens du goût chez quelques animaux supérieurs (chiens, moutons, lapins), en me servant le plus ordinairement d'une décoction aqueuse très concentrée de coloquinte : les signes de dégoût se sont manifestés seulement lorsque cette substance a été mise en contact avec la langue ou l'arrière-bouche. La difficulté, en expérimentant sur le palais, les gencives, les joues et les lèvres, consiste à fixer la langue ; quant aux mâchoires, on les maintient facilement écartées à l'aide d'un morceau de bois ou de liége arc-bouté entre les dents.

En résumé, nos propres expériences tendent toutes à établir que l'impressionabilité aux saveurs se rencontre exclusivement dans les points où le glosso-pharyngien et le rameau lingual du trijumeau distribuent leurs filets (3). Aussi nous proposons-nous de démontrer plus loin, avec tous les détails convenables, que ces paires nerveuses président seules à la gustation. (*Voy.* 2e partie de ce volume, p. 297, 302, et, pour le rôle assigné à la corde du tympan, p. 365.)

IV. Depuis la publication de leur premier mémoire, qui avait seulement pour but de déterminer le siége du goût et de fixer les limites dans lesquelles ce sens s'exerce, J. Guyot et Admyrauld (4) ont poussé plus loin leurs investigations. Ils se sont demandé : 1° si les surfaces gustatives perçoivent les saveurs avec la même énergie dans toute leur étendue ; 2° si ces surfaces perçoivent indifféremment toutes les

(1) *Mém. et rec. cit.*

(2) De Jussieu. Sur la maniere dont une fille sans langue s'acquitte des fonctions qui dépendent de cet organe. *Mém. de l'Acad. des sc.*, 1718, p. 6. — Roland, de Saumur, *Aglossostomographie.* — Brillat-Savarin, *Physiol. du goût*, t. 1, p. 75., 5e édit. Paris, 1838, etc.

Nota. Il me semble pourtant juste de faire observer que jamais l'ablation de la langue, quand elle a été l'ouvrage des hommes, ne s'est étendue bien avant, et que toujours on a laissé une partie de sa base d'ailleurs si sensible aux saveurs.

(3) Debrou (*Thèse inaugurale*, août 1841) ayant décrit des filets du glosso-pharyngien qui iraient à la portion horizontale du voile du palais, il est permis de croire que ces filets président à la sensibilité gustative de cette partie, sensibilité qui est loin d'y exister d'une manière aussi appréciable que dans les piliers.

(4) *Arch. génér. de méd.*, 2e série, t. XIII, p. 51 ; 1837.

saveurs; 3° si un corps sapide donne dans toute l'étendue de l'organe du goût une saveur identique.

Ces expérimentateurs résolvent la première question par la négative, et ils assignent aux diverses parties gustatives le rang suivant, fondé sur leur degré de finesse et d'aptitude à être impressionnées par les saveurs : la base ou partie postérieure de la langue; sa pointe; ses bords; le voile du palais.

Quant à la seconde question, ils avancent que certains corps sapides (et de ce nombre sont le lait, le beurre, l'huile, le pain, les viandes et une grande quantité de substances surtout alimentaires) ne font éprouver à la partie antérieure de la langue qu'une impression de tact, et que c'est seulement en arrière que leur saveur caractéristique se manifeste. Mais il m'a toujours semblé qu'en prenant le soin de se pincer le nez, tout en mâchant ou avalant ces substances elles paraissaient insipides, et qu'on avait dû confondre leur arôme spécial avec leur prétendue saveur. On pourrait penser, disent J. Guyot et Admyrauld, que le défaut d'action de ces corps sapides sur les parties antérieures de la bouche tient à leur peu de sapidité ou au peu de finesse du sens dans ces parties. La solution de la troisième question prouverait, d'après eux, qu'il n'en est pas toujours ainsi. Un très grand nombre de corps, disent-ils, et particulièrement les sels, présentent ce fait très remarquable, que la sensation produite par eux sur les parties antérieures de la langue est entièrement différente de celle qu'ils donnent à la partie postérieure; ainsi : l'acétate de potasse solide, d'une acidité brûlante à la partie antérieure de la bouche, est amer, fade et nauséeux à la partie postérieure où il n'est plus du tout acide ni piquant. L'hydrochlorate de potasse, simplement frais et salé en avant, devient douceâtre en arrière. Le nitrate de potasse, frais et piquant en avant, est en arrière légèrement amer et fade. L'alun, très peu sapide quand il est solide, est frais, acide et surtout styptique lorsqu'il est broyé en avant de la bouche, tandis qu'il donne en arrière une saveur douceâtre sans la moindre acidité. Le sulfate de soude est franchement salé en avant et franchement amer en arrière. L'acétate de plomb, frais, piquant, styptique en avant, est exclusivement sucré en arrière, etc.

Du reste, les saveurs acides sont en général mieux appréciées par la pointe et par les bords de la langue; les saveurs basiques sont mieux reconnues par la base de cet organe, et le plus grand nombre des corps sans acidité et sans alcalinité donnent une saveur unique. Toutefois il ne faudrait pas aller trop loin dans cette voie, et croire que tous les sels font sentir leur saveur acide, salée, piquante, styptique, à la pointe, et leur saveur amère, métallique, basique à la partie postérieure de la langue; car il existe, en effet, un grand nombre d'exceptions : ainsi l'hydrochlorate de soude a une saveur unique; en goûtant l'acétate de plomb avec la base de ma langue, je perçois une saveur styptique très prononcée, et pas seulement, comme on le dit, une saveur sucrée, etc. Toutes ces généralités ne doivent donc être adoptées que comme un point de vue sur lequel W. Horn (1), un des premiers, a fixé l'attention des physiologistes : c'est en essayant une foule de substances qu'il est arrivé à reconnaître que les unes donnaient une même saveur dans toutes les régions de l'organe gustatif, et que les autres en déterminaient une fort différente suivant leur application au sommet ou à la base de la langue.

V. Si, comme nous l'avons établi plus haut, la langue est l'instrument principal

(1) *Ueber den Geschmackssinn des Menschen, ein Beitrag zur Physiol.*, etc. Heidelberg, 1825.

du goût, d'autres parties, comme les glandes salivaires et les cryptes mucipares, le palais, les dents, les joues et les lèvres concourent au *mécanisme de la gustation.*

Les corps solides ne sont sapides qu'autant que leurs molécules sont mises en rapport avec la salive et les humeurs folliculeuses qui lubrifient la bouche; dans l'état de sécheresse de notre langue, la saveur des corps solides n'est point perçue. La trituration et, par conséquent, l'intervention des dents sont nécessaires à d'autres substances pour développer leur sapidité. Pour bien sentir la qualité et l'intensité d'une saveur, il importe, comme on le constate facilement sur soi-même, de presser le corps solide contre le point sur lequel on veut expérimenter. Or, la voûte palatine, en agissant d'une manière purement mécanique, fournit à la langue une surface solide et rugueuse contre laquelle cet organe multiplie ses points de contact avec la substance savoureuse. C'est bien à tort que, dans tous ces cas, nous rapportons au palais la moitié de l'impression gustative ; car les choses se passent absolument de la même manière, quand on a recouvert le palais avec une pellicule imperméable et insipide, tandis que, si la pellicule est appliquée sur la langue et qu'on y dépose le corps sapide, on a beau ensuite la porter vers le palais et répéter les frottements, on ne perçoit aucune saveur. Quant aux lèvres et aux joues, évidemment elles concourent à retenir dans la bouche les corps sapides durant le temps nécessaire à leur impression sur l'organe du goût ; aussi, dans les hémiplégies faciales, voit-on, pendant la mastication, les aliments sortir par la commissure labiale paralysée ou s'accumuler entre les arcades dentaires et les joues (1).

Nul doute que les organes du goût, ceux de la préhension, de la mastication et de la déglutition, ne soient dans le rapport de situation le plus favorable à l'exercice de la fonction gustative. « En effet, comme le font remarquer J. Guyot et Admyrauld (2), les corps, à peine humectés par le contact des lèvres, sont appréciés par l'extrémité de la langue, qui, n'ayant point pour l'aider dans cette fonction les ressources de ses autres parties, jouit d'une extrême sensibilité. L'aliment, introduit entre les arcades dentaires, est écrasé par elles, et ses parties les plus ténues, mêlées à la salive, tombent sans cesse en dedans et en dehors de ces arcades; la première partie est immédiatement reçue par les bords de la langue, et entretient la sensation pendant tout le temps que dure la mastication : lorsqu'elle a cessé, la seconde est également rejetée sur ces bords par la contraction des joues, et vient produire une saveur analogue. Mais bientôt toutes les portions d'aliments réduites en pulpe, réunies sur la face dorsale de la langue, sont pressées contre la voûte palatine par cet organe, et les sucs exprimés vont encore se rendre naturellement sur ses bords. Enfin le bol alimentaire, poussé vers l'arrière-bouche, se trouve d'abord pressé par la partie sensible du voile du palais et glisse ensuite sur la base de la langue, où il produit une sensation très vive, d'autant plus prononcée qu'il offre plus de mollesse et de points de contact, et où il laisse une impression plus ou moins durable, qu'augmente encore, comme on le sait, l'odeur qui dans la plupart des cas s'exhale des aliments. »

(1) Les mêmes observations, que nous venons de faire relativement à une prétendue sensibilité gustative du palais, s'appliquent aux lèvres et aux joues. Il est d'ailleurs aisé de concevoir qu'on ait cru ces deux derniers organes impressionnables aux saveurs, quand on songe à la rapidité avec laquelle, pour déguster, la langue se glisse entre les lèvres, et à la situation des joues relativement aux bords de la langue sur lesquels celles-ci, en se contractant, exprime le suc des aliments et accroissent ainsi la sensation.

(2) *Mém, et rec. cit.*, p. 22.

Il y aurait eu beaucoup d'inconvénients, dit Vernière (1), à ce que, chez l'homme, les principales jouissances du goût eussent leur siége dans la bouche : avec une telle disposition, nous aurions pu manger sans cesse en rejetant toujours ce que nous venions de mâcher. Mais ce sens étant ce qu'il est, nous sommes intéressés à avaler, parce que ce sont surtout les impressions qui ont leur siége dans l'arrière-bouche que nous aimons à nous procurer, outre que la résistance à l'instinct qui nous porte à avaler (2) a quelque chose de fatigant et de pénible.

Pour qu'une perception sapide ait lieu d'une manière complète, il importe que la substance savoureuse ne glisse pas trop rapidement sur la surface gustatrice; cette substance fût-elle même liquide, il faut qu'elle coule en nappe dans la bouche avec une certaine lenteur et qu'elle y soit retenue assez de temps pour donner lieu à l'espèce d'imbibition nécessaire à l'exercice du sens. Aussi le gourmet, qui déguste des vins ou des liqueurs, se garde-t-il bien de les avaler avec précipitation; par l'application répétée de la langue à la voûte palatine, il force ces fluides à se répandre, à plusieurs reprises, sur les bords et la pointe de l'organe, et renouvelle ainsi les mêmes sensations : alors les saveurs, qui avaient échappé à son attention pendant les premiers contacts, finissent par être perçues aux contacts suivants.

Je suis loin de regarder comme démontrée la part directe qu'on accorde aux papilles linguales dans la gustation ; j'en dis autant du mouvement qui leur serait imprimé par le tissu musculaire sous-muqueux qu'on suppose être animé par la corde du tympan. Peut-être, au moyen de l'espèce de gazon épais qu'elles forment par leur réunion, n'ont-elles d'autre usage (du moins les coniques ou filiformes) que d'empêcher, à la surface de la muqueuse sensoriale, le glissement trop rapide des fluides imprégnés de saveurs. On sait que l'extrémité libre et les bords de la langue sont *en partie* dépourvus de papilles, et que pourtant, dans ces mêmes points non papillaires, la sensibilité gustative est exquise ; il en est de même de la portion horizontale, des piliers du voile du palais, et de la base de la langue où se rencontrent de nombreuses glandules, mais peu ou point de papilles (3). Cette base passe néanmoins pour être la partie la plus impressionnable aux saveurs, celle où elles persistent le plus, tandis que la face dorsale de la langue, hérissée de milliers de papilles coniques et filiformes, est réputée rebelle à l'action des corps sapides. Les papilles fongiformes, qui sont accumulées au bout libre de la langue, ont été surtout regardées comme gustatives : elles me paraissent bien plutôt être des organes tactiles; car, à la pointe de la langue, entre la portion recouverte de ces papilles et celle qui ne l'est pas, je trouve, sous le rapport de la délicatesse du tact, une différence énorme que je ne constate point relativement au goût.

VI. Si, dans le but de nous éclairer sur certaines qualités sensibles des corps, le goût et l'odorat combinent bien souvent leur action, ils peuvent aussi agir isolément. Des expériences fort simples, et faciles à répéter sur soi-même, démontrent que, parmi les sensations produites par des corps sapides appliqués sur la langue, il en est qu'on rapporte à tort à cet organe, puisqu'en réalité elles appartiennent à la

(1) *Rec. cit.*, p. 212.

(2) C'est ce que Gerdy appelle *sensibilité de la déglutition*. — (*Physiol. philos. des sensations*, etc., p. 71. Paris, 1846.

(3) Les papilles, dites *caliciformes*, sont placées au-devant de ces glandules et disposées suivant deux lignes obliques réunies en V ouvert en avant.

membrane pituitaire ou olfactive : de ce nombre sont les sensations dues au *fume* (flavour des Anglais), c'est-à-dire aux odeurs qui peuvent se manifester pendan l'exercice même du goût. Aussi, pour les faire cesser immédiatement, suffit-i d'empêcher l'expiration de l'air par le nez en pinçant cet organe entre les doigts Quand on n'a point encore accompli soi-même l'expérience, on ne saurait se fair une idée des différences extrêmes qui existent entre les sensations dues à un substance sapide et odorante, suivant que le passage de l'air expiré par les fosse nasales est libre ou interrompu. Vos yeux et vos narines étant fermés, faites dépo ser successivement sur votre langue diverses espèces de confitures, par exemple puis des crèmes aromatisées l'une avec la vanille, l'autre avec le café, etc., et vou ne percevrez, dans tous ces cas, qu'une saveur douce et sucrée, sans pouvoir jamai discerner les diverses substances employées. Le défaut de coopération de l'odora rendant une pareille distinction impossible, il ne faut donc pas s'étonner de ce qu le goût ait paru à certains observateurs avoir un rôle plus limité qu'on ne le sup pose généralement, à d'autres être un effet combiné que produit l'action de l langue en s'associant avec celle de l'appareil olfactif, à d'autres enfin ne former ave l'odorat qu'un seul et même sens.

Toutefois les expériences de Chevreul (1), en isolant l'impression gustative d l'impression olfactive, ont permis d'établir la séparation de ces deux sens.

Chevreul a divisé les corps en quatre classes, suivant l'impression qu'ils pro duisent dans la bouche : 1° corps qui n'agissent que sur le tact de la langu (cristal de roche, saphir, glace) ; 2° corps qui agissent sur le tact de la langue e sur l'odorat : métaux odorants, tels qu'étain, etc. ; 3° corps qui mettent en exe cice le tact de la langue et le goût : sucre candi, chlorure de sodium pur ; 4° corp qui influencent à la fois le tact de la langue, le goût et l'odorat : huiles volatiles pastilles de menthe, de chocolat.

La cause qui provoque les nausées lorsqu'on goûte de la bile, de la manne, etc réside, suivant le même observateur, dans le principe odorant de ces matières les butyrates, les sulfites, etc., mis dans la bouche, laissent dégager une portio de leur acide, qui produit sur la pituitaire la sensation que nous éprouvons e flairant les acides butyrique, sulfureux, etc. La *saveur urineuse* qu'on attrib aux bases alcalines fixes n'appartient point à ces substances, mais bien à l'am moniaque qui est mise en liberté par la réaction des bases alcalines fixes sur l sels ammoniacaux contenus dans la salive. Les preuves en sont, 1° dans la disp rition de la sensation précédente quand on presse les narines, 2° dans la perce tion de la même sensation lorsqu'on flaire un mélange de salive fraîche et d'alca qu'on a opéré dans une capsule de porcelaine ou de verre.

Depuis les recherches de Chevreul, Ant. Vernière (2) s'est appliqué à démo trer que beaucoup d'impressions réputées sapides sont uniquement tactiles ; qu par exemple, les impressions d'àcreté, d'irritation ou d'astringence, diffèr essentiellement des saveurs.

Du reste, quoique la sensibilité tactile et la sensibilité gustative soient dans rapport assez exact, et que les parties qui jouissent d'un goût plus vif soient au douées d'un tact plus délicat, ces deux modes de sentir n'en sont pas moins pa faitement distincts, comme tend à l'établir la pathologie bien mieux que l'expé

(1) *Des différentes manières dont les corps agissent sur l'organe du goût.* Dans *Jou de physiol. expérim.* t. IV, p. 127 ; 1824.

(2) *Rec. cit.*, t. IV, p. 222 ; 1827.

nentation : en effet, la science possède aujourd'hui plusieurs observations de lésion le la sensibilité tactile de la langue avec conservation du goût (1). Cette particula- ité rend probable, dans les nerfs glosso-pharyngien et lingual, l'existence de ilets spéciaux pour les saveurs, et d'autres filets pour les impressions sapides.

VII. Sous le rapport du développement et de la délicatesse du goût, assurément l existe de bien grandes différences entre les individus de notre espèce. « De deux onvives assis au même banquet, dit Brillat-Savarin (2), l'un est délicieusement ffecté, tandis que l'autre a l'air de ne manger que comme contraint : c'est que ce lernier a la langue faiblement outillée, et que l'empire de la saveur a aussi ses veugles et ses sourds. » D'ailleurs, nul doute que le goût ne puisse être singu- ièrement perfectionné par l'exercice : le cuisinier habile apprécie des saveurs qui chappent au vulgaire, et va jusqu'à en analyser plusieurs à la fois ; les dégusta- eurs de profession ne se méprennent guère sur les qualités des vins soumis à leur xamen, reconnaissent ceux de chaque territoire d'une contrée, et désignent la ropriété particulière qui les a fournis, aussi bien que l'année de leur récolte. Mais e goût peut aussi s'affaiblir par l'impression trop prolongée ou trop souvent épétée des corps vivement sapides : c'est ce qui a lieu chez les personnes qui font n usage habituel de liqueurs fortes ou d'aliments de haut goût, et qui sont obli- ;ées de ranimer sans cesse leur faculté gustative par des impressions toujours nou- elles et d'une croissante intensité.

Plusieurs physiologistes admettent que l'état de société influe notablement sur a finesse du goût, tant chez l'homme que chez les animaux. Ainsi les sauvages qui e font leur propre éducation, et qui, le plus souvent sans autre guide qu'eux- nêmes, sont obligés de choisir leurs aliments, auraient, dit-on, le goût beaucoup lus développé que l'homme civilisé. D'un autre côté, on rapporte que les ani- naux herbivores, élevés dans les hautes montagnes, ne paissent jamais les plantes énéneuses qui s'y trouvent en abondance ; tandis que si l'on y conduit des ani- naux *domestiques* de la plaine, ceux-ci sont très sujets à s'empoisonner. Quant nous, nous croyons que, dans ces divers exemples, on a rapporté à l'intervention lu goût ce qui doit être mis sur le compte de l'odorat.

Le goût est faiblement développé dans l'enfance : ainsi les tout jeunes enfants, quoiqu'ils préfèrent les substances douces et sucrées, boivent et mangent la plu- art des aliments qu'on leur présente, les plus grossiers comme les plus délicats ; ls goûtent si mal et se trompent si bien sur les saveurs, qu'en se bornant à changer 'aspect des choses qu'ils refusaient d'abord, on les leur fait avaler souvent avec acilité. Quoique le goût prenne une très rapide extension à mesure qu'on avance lans la vie, d'autres sensations ont encore trop d'activité pour qu'il puisse devenir 'objet d'une occupation spéciale pour le jeune homme, et, dans la vivacité de son ppétit et de ses préoccupations, on voit celui-ci se montrer indifférent à la re- herche des mets. Il n'en est pas de même dans l'âge mûr ; c'est alors que nais- ent les gastronomes, dont le plus souvent les dispositions particulières vont se per- ectionnant avec l'âge pour ne s'éteindre qu'avec la vie. C'est qu'en effet le goût

(1) *Encyclographie des sc. méd.*, 1836, 1re livr. — *Gaz. méd. de Paris*, p. 584 ; 1840. — 'oir dans mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. II, p. 198, 234, deux observa- ions, l'une de C. James et l'autre d'Aug. Bérard. — *Muller's Arch.*, 1835, p. 139.

(2) *Physiol. du goût*, t. I, p. 77, 5e édit. Paris, 1838.

survit à la perte de tous les penchants, de tous les sentiments, de tous les plaisirs c'est le dernier ami fidèle à la vieillesse de l'homme.

VIII. Le goût, puissamment aidé par l'odorat, est pour nous un moyen d choisir, parmi les diverses substances que la nature nous présente, celles qui son propres à nous servir d'aliments. Combiné avec l'appétit, qui désigne la quantit des matériaux réparateurs que l'organisme réclame, le goût, en rendant l mastication agréable, nous invite par le plaisir à réparer les pertes continuelle que fait notre économie. Toutefois, quand l'appétit est très vif, c'est lui d'abor que nous songeons à satisfaire, sans guère nous occuper de la saveur de nos al ments; mais, lorsque le premier cri de l'estomac est apaisé, les jouissances du goû seules nous captivent et nous mangeons dans l'unique but de nous les procure Aussi, pour prévenir les excès de la gloutonnerie, importait-il, dès que les al ments sont ingérés en quantité suffisante, que nous fussions avertis par une sen sation nouvelle de nous arrêter : cette sensation, qui est celle de la satiété ou bient même du dégoût, est comme une sentinelle vigilante préposée à la garde des voi digestives, et dont il est toujours sage d'écouter la voix. Les relations intimes d l'estomac et de l'organe du goût ne sauraient d'ailleurs être méconnues : la sub stance qui répugne à ce dernier se digère mal ou ne tarde pas à être vomie parfois même il suffit qu'elle soit appliquée à la surface gustative pour détermin déjà le vomissement, et les maladies de l'estomac pervertissent le goût, comm pour avertir l'individu que la chymification ne saurait s'accomplir convena blement.

Assurément, si on le compare à la vue, à l'ouïe et au toucher, le goût fourn relativement bien peu de matériaux à l'intelligence, quoiqu'il puisse donn quelques notions utiles sur la composition chimique des corps.

Ce sens manque de mémoire, et il nous faut l'impression actuelle d'un cor sapide pour nous rappeler que sa saveur nous était déjà connue : aussi, quai en rêve nous assistons à un repas, nous voyons les mets sans en savourer goût.

IX. En esquissant l'histoire comparée du goût, chez l'homme et les animau il importe de se rappeler que ce sens a pour siége non seulement la langue, m aussi la gorge, afin de ne pas aller conclure que, si, chez beaucoup d'entre eu la langue n'est point disposée pour le goût, celui-ci manque nécessairement; faut encore savoir que cet organe ne sert pas seulement à la gustation, mais à mastication, à la déglutition et, chez certains animaux, à la préhension des alime aussi bien qu'à un toucher fort délicat, pour ne pas se croire suffisamment autor à juger de la délicatesse de leur goût par l'étendue de leur langue, le volu considérable des nerfs qu'elle reçoit, le développement des papilles ou la finesse l'épiderme.

Quand j'examine la langue de l'homme, que je tiens compte de son tissu flexib de ses mouvements faciles et variés, de sa surface étendue, de son enveloppe fi et humide, enfin de ses nerfs gros et nombreux, j'avoue me sentir porté à admet que le goût ne doit être chez aucun animal plus parfait que chez l'homme : d'ailleurs, plus invariablement et plus sûrement que lui, les animaux font choix la nourriture la mieux appropriée à leurs besoins, tout me fait croire, je l'ai que leur guide fidèle, dans ces cas, est bien plutôt l'odorat que le goût.

La langue des singes et des chiens offre les plus grandes analogies avec la nôtre; seulement elle est plus mince. Dans beaucoup de carnassiers, notamment des genres *hyæna* et *felis*, un certain nombre de papilles coniques, beaucoup plus saillantes que les autres, se revêtent d'un étui corné, pointu et recourbé en arrière : évidemment étrangères au goût, elles ont paru avoir pour usage de déchirer la proie en la léchant pour en faire sortir le fluide sanguin. La moitié postérieure de la langue et l'intérieur des joues des ruminants sont aussi recouverts de grosses papilles cornées, dirigées en arrière en forme de griffes et probablement destinées à favoriser la déglutition; ce qui, du reste, n'empêche pas les espaces inter-papillaires de la base de la langue de concourir à la gustation. Les rongeurs, dont la nourriture consiste en racines ou en écorces plus ou moins sèches, ont une langue dont le tégument est dur, et parfois même revêtu, sur les côtés, d'espèces d'écailles dentelées, comme chez le porc-épic; tandis que les espèces qui se nourrissent de fruits, comme les écureuils, ou de substances animales et végétales, comme les rats, offrent une langue molle et dépourvue de productions cornées.

De Blainville (1) suppose que le milieu dans lequel vit l'animal doit apporter quelques modifications à l'organe du goût, et que les espèces aquatiques sont moins parfaites, sous ce rapport, que celles qui vivent dans l'air. Les papilles linguales, qui, à la vérité, pourraient se rapporter tout aussi bien à la sensibilité tactile qu'à la sensibilité gustative, commencent à disparaître chez les phoques, pour n'exister plus ou à peine chez les cétacés, dont la langue, petite, graisseuse et fixe, est assez défavorablement disposée pour discerner les saveurs.

Le goût semble être plus ou moins obtus chez les oiseaux : leur langue est, en général, dépourvue de tissu musculaire, sèche et cartilagineuse. La plupart paraissent avaler leurs aliments sans les déguster : tels sont, plus spécialement, les oiseaux insectivores et granivores. Les espèces qui goûtent leur nourriture, qui la mâchent jusqu'à un certain point, comme les perroquets, ont la langue plus charnue, plus épaisse, et la peau qui la recouvre plus molle et même pourvue de papilles : celles-ci me semblent être plutôt en rapport avec le tact qu'avec le goût. Les oiseaux de proie, qui déchirent leur nourriture quoiqu'ils ne la mâchent pas, ont aussi une langue large et assez charnue. Celle du coq, veloutée en dessus, offre, en dessous vers la pointe, une sorte d'ongle mou, comparable à celui qui garnit l'extrémité de nos doigts et propre à faciliter l'exercice du toucher. L'étui corné est aussi épais, aussi lisse en dessus qu'en dessous à toute la portion avancée en fer de flèche chez la plupart des autres oiseaux, qui ne peuvent goûter les saveurs que par la portion basilaire la plus humide, la plus molle et que garnissent des papilles et non des dents cornées (2).

En général, la langue des reptiles est moins mince et moins sèche que celle des oiseaux; elle est très protractile et souvent bifide; quelquefois elle devient un organe de préhension dont le jeu, très remarquable, ne saurait nous occuper en ce moment. Plus l'espèce avale avec gloutonnerie, moins elle doit goûter, et, par conséquent, moins l'organe gustatif est favorablement disposé. Les crocodiles présentent à peine une saillie linguale dont le tégument n'offre presque aucune des modifications propres à en faire une membrane gustative; tandis que les chéloniens, qui mâchent leur nourriture, et très probablement la goûtent, ont une langue

(1) *Ouv. cit.*, p. 247.
(2) Dugès, *Physiol. comp.*, t. I, p. 136.

charnue, molle et couverte de papilles nombreuses. Il en est de même des lézards qui mâchent et écrasent les insectes dont ils se nourrissent. La langue, chez le batraciens anoures, est très extensible; ils s'en servent surtout pour saisir leur aliments.

L'organe et le sens du goût sont supposés être à leur minimum chez les poissons Ces derniers ont la place de la langue plus souvent armée de petites dents poin tues, crochues, propres à retenir la proie, que pourvue d'une membrane gustative On sait qu'il existe, au palais des cyprins, un organe mobile que plusieurs phy siologistes ont présenté comme un appareil de gustation ; mais ce n'est encore là qu'une hypothèse.

Puisque le sens du goût existe indubitablement chez la plupart des animau articulés, il est donc permis d'admettre son organe : on sait que les sangsues aimen la saveur du lait, du sang ou de l'eau sucrée, et qu'elles piquent plus volontiers la peau de l'homme quand elle est humectée de ces liquides. La mouche commune préfère les aliments sucrés à tous les autres ; telle chenille ne se nourrit que de la feuille de tel arbre, etc., chaque espèce dénotant ainsi la spécialité de son goût. Il paraît probable à de Blainville (1) que l'organe de ce sens se trouve à la partie inférieure de la cavité buccale. En effet, on trouve, suivant lui, dans les orthoptères, c'est-à-dire dans les insectes hexapodes qui paraissent jouir d'une plus grande finesse de goût, une espèce de renflement qu'il croit être lingual. De Blainville suppose que le bourrelet charnu et spongieux qui termine la *trompe* des mouches est un organe de goût, parce qu'il est réellement à l'orifice buccal. D'après Knox, les palpes seraient les vrais organes de la gustation. Mais, dit Dugès (2), ni leur position, ni leur structure, ne permettent d'adopter une pareille hypothèse ; les palpes des crustacés, des arachnides, des insectes, placés hors de la bouche, durs, cornés, articulés souvent par grands segments qui laissent peu de parties molles à nu dans leurs intervalles, ou bien composés de petits segments si serrés que la peau membraneuse ne se montre pas entre eux (crustacés), ne sauraient servir à une fonction qui exige, par dessus tout, mollesse et humidité ; ils servent à palper, à conduire même les aliments, mais point à en apprécier les saveurs.

On ne sait rien de positif touchant l'existence et le siége du goût chez les mollusques et chez les animaux tout à fait inférieurs.

SENS DU TOUCHER.

I. Le toucher, qui nous avertit du contact des corps ambiants, nous donne aussi des notions sur la température relative, la sécheresse, l'humidité, le poids, la consistance, le mouvement, l'étendue, le nombre, la situation, la direction et la forme de ces corps. Toutefois, il faut bien le reconnaître, plusieurs de ces notions ne deviennent parfaites que par le concours d'un autre sens, celui de la vue ; de plus, elles supposent la préexistence des idées de temps, de mouvement et d'espace.

Le tact a pour siége tous les points de la périphérie cutanée et certaines membranes muqueuses ; aussi apprécions-nous quelques unes des qualités tan-

(1) *Ouv. cit.*, p. 226.
(2) *Ouv. cit.*, t. I, p. 142.

gibles des objets mis en contact avec ces parties. Mais le toucher, avec les pouvoirs que nous venons de lui assigner, ne saurait appartenir qu'à des organes spéciaux aptes à s'appliquer, à se mouler, pour ainsi dire, sur les corps soumis à notre examen ; il lui faut l'attention, des contractions musculaires dirigées par la volonté afin de multiplier et de varier les points de contact avec ces corps. Tant que notre main elle-même reste immobile à la surface d'un objet, elle n'agit que comme organe de tact ; pour exercer un véritable toucher, il est indispensable qu'elle se meuve volontairement. Entre le tact et le toucher, dont je suis loin de faire deux expressions synonymes, comme le veulent certains physiologistes, il existe une distinction analogue à celle qu'on a coutume d'établir entre *le voir* et *le regarder*, *l'entendre* et *l'écouter*, etc. Quand on dit que, chez nous, la main est l'organe du tact *actif* ou toucher, et la peau celui du tact *passif*, de prime abord cette distinction peut sembler inexacte, car toute sensation est accompagnée de perception, et toute perception est active ; mais évidemment ces mots signifient que, dans un cas, l'impression a lieu par suite d'une détermination volontaire, et que, dans l'autre, elle peut se faire sans que nous l'ayons recherchée.

II. Quant aux phénomènes de la sensibilité générale comparés à ceux de la sensibilité tactile, divers observateurs, et notamment P. Gerdy (1) se sont appliqués à les distinguer. L'immortel Haller (2), confondant ces deux ordres de phénomènes, admet que tout filet nerveux, placé au contact des corps extérieurs, peut transmettre à l'encéphale les diverses impressions tactiles, et que ces sortes d'impressions sont d'autant plus parfaites et plus intenses que le contact du corps extérieur et du filet nerveux est lui-même plus immédiat. Il avance, par exemple, que le nerf dentaire, mis à nu par la carie d'une dent, peut percevoir avec une douloureuse exactitude la chaleur ou le froid, la mollesse ou la dureté, etc., jusqu'à la figure même du corps qu'on applique sur lui. Mais tous les chirurgiens savent qu'un cordon nerveux sensitif, dénudé et mis en contact direct avec un corps extérieur, ne peut guère transmettre à l'encéphale qu'une impression de douleur, ou bien quelques impressions vagues, toujours incapables de nous donner, sur les qualités des corps, les idées nettes que nous font acquérir le tact et surtout le toucher.

Du reste, la sensibilité générale, en vertu de laquelle nous sommes avertis des diverses irritations mécaniques, chimiques ou électriques, appliquées à nos tissus, est universellement répandue dans tous ceux qui reçoivent des nerfs appropriés, tandis que, comme nous l'avons dit, la faculté de ressentir les impressions spéciales du tact n'appartient qu'à certains tissus privilégiés, à la peau et à diverses membranes muqueuses. Ajoutons que la sensibilité tactile et la sensibilité générale sont loin d'être développées, dans une même partie, en raison directe l'une de l'autre : ainsi la main, qui possède la première au plus haut degré, est beaucoup moins sensible aux chocs violents, aux pressions douloureuses, au chatouillement, etc., que beaucoup d'autres parties du corps. Un léger coup au visage, comme le fait observer Gerdy (3), produit une vive douleur, tandis que, à la pulpe des doigts et surtout à la paume des mains, on ne fait que le sentir.

(1) *Mém. sur le tact et les sensations cutanées*, dans l'*Expérience*, 1842, t. IX, p. 401, et t. X, p. 1.
(2) *Elementa physiol.*, t. V, lib. XII, § 1. *Tactus in universum.*
(3) *Mém. cit.*

Qu'ils soient dus à une cause interne ou à un excitant extérieur, les effets de sensibilité générale s'accompagnent communément de douleur ou de plaisir ; les sensations tactiles, quand l'imagination n'intervient point, ont au contraire pour caractère essentiel d'être indifférentes par elles-mêmes, et de se borner à nous fournir des notions sur l'objet en contact avec notre corps (1). Il importe que des phénomènes sensitifs généraux, trop prononcés, ne surviennent point lors de l'exercice du sens tactile, car toute exaltation de la sensibilité générale tend à obscurcir, en quelque sorte, les sensations spéciales du tact : un chatouillement très vif nous fait perdre toute notion du corps qui l'occasionne ; une forte pression, l'application d'un corps trop chaud ou trop froid, en ne produisant plus qu'une sensation douloureuse, masquent ou neutralisent toute perception tactile proprement dite ; le contact réciproque du vagin et du pénis cesse d'être perçu dans le moment où la jouissance particulière au coït atteint son maximum d'intensité, etc.

III. Quand, chez l'homme, un corps extérieur arrive au contact immédiat de l'organe tactile, cet organe reçoit des impressions transmissibles par une certaine classe de nerfs (2) et perceptibles par l'encéphale ; il en résulte trois sensations distinctes : 1° la sensation de contact, 2° la sensation de résistance, 3° la sensation de température relative (3).

a. La *sensation de contact* est loin d'être discernée avec la même précision et la même netteté dans les différentes régions de la surface tégumentaire. Les expériences de E. H. Weber (4) donnent, à cet égard, de curieux renseignements. Ce physiologiste a démontré que les deux pointes mousses d'un compas, appliquées simultanément sur divers points de la périphérie du corps, doivent présenter des écartements très variables pour donner lieu à deux sensations distinctes et non à une seule ; on conçoit d'ailleurs qu'ici moindre sera le degré d'écartement, plus grande devra être la subtilité ou la délicatesse du tact.

Les parties qui possèdent la faculté tactile au plus haut degré, c'est-à-dire celles qui exigent la moindre distance entre les deux extrémités du compas pour pouvoir en éprouver une impression double, sont, d'après E. H. Weber, le bout de la langue, qui perçoit deux sensations distinctes avec un écartement

(1) Le plaisir qui accompagne, dans certains cas, l'attouchement des lèvres ou de quelque partie de la peau n'a pas d'autre cause que l'idée lascive qui s'y rapporte : tandis que la moindre caresse d'une femme aimée fait circuler la volupté dans tout notre être, nous restons froids aux attouchements qui nous viennent d'une personne indifférente ; au contact brûlant d'un baiser d'amour, notre corps frissonne de plaisir, et nos lèvres peuvent indéfiniment toucher les lèvres d'un enfant adoré sans faire naître les mêmes sensations.

(2) Ces nerfs sont : 1° les *trente et une racines spinales postérieures*, qui se distribuent directement à la peau de tout le tronc, des quatre membres et du segment postérieur de la tête, ainsi qu'à la muqueuse des voies génito-urinaires et de la partie inférieure du tube digestif ; 2° la *grosse racine du trijumeau*, destinée à la peau du segment antérieur de la tête (c'est-à-dire la face), aux dents, aux muqueuses labiale, linguale, palatine, oculaire, nasale, etc. ; 3° le *glosso-pharyngien* dont les filets s'arrêtent dans la muqueuse de la base de la langue, des piliers du voile du palais et d'une partie du pharynx ; 4° le *pneumo-gastrique*, qui envoie les siens aux membranes muqueuses du pharynx, du larynx, de la trachée, des bronches, de l'œsophage et de l'estomac.

Nota. Aucune des muqueuses que nous venons d'indiquer ne semble être étrangère aux sensations de température, et plusieurs procurent aussi les sensations de contact et de résistance.

(3) H. Belfield Lefèvre. — *Recherches sur la nature, la distribution et l'organe du sens tactile*, p. 21. Paris, 1837.

(4) *De subtilitate tactûs.* — Dans l'ouvrage intitulé : *De pulsu, resorptione, auditu et tactu annotationes anat. et physiol.* Lipsiæ, 1834.

d'une demi-ligne, et la face palmaire de la phalangette des doigts qui réagit de la même manière avec une ouverture de compas qui ne dépasse point une ligne : puis viennent la surface rouge des lèvres, la face palmaire de la deuxième phalange des doigts, 2 lignes ; la face dorsale de la troisième phalange, le bout du nez, la face palmaire au-dessus des têtes des os métacarpiens, 3 lignes ; le dos et le bord de la langue à 1 pouce de la pointe, la partie non rouge des lèvres, le métacarpe du pouce, 4 lignes ; le bout du gros orteil, la face dorsale de la deuxième phalange des doigts, la face palmaire de la main, la peau de la joue, la face externe des paupières, 5 lignes ; la muqueuse du palais, 6 lignes ; la peau de la partie antérieure de la pommette, la face plantaire du métatarsien du gros orteil, la face dorsale de la première phalange des doigts, 7 lignes ; la face dorsale des têtes des os métacarpiens, 8 lignes ; la membrane muqueuse des gencives, 9 lignes ; la peau en arrière et au-dessus de la pommette, la partie inférieure du front, 10 lignes ; la partie inférieure de l'occiput, 12 lignes ; le dos de la main, 14 lignes ; le col au-dessous de la mâchoire, 15 lignes ; à la rotule, 16 lignes ; au sacrum, à l'acromion, à la fesse, à l'avant-bras, au genou et au dos du pied près des orteils, 18 lignes ; au sternum, 20 lignes ; au rachis, le long des cinq vertèbres dorsales supérieures, près de l'occiput, à la région lombaire, 24 lignes ; au rachis, dans le milieu du cou, dans le milieu du dos, 30 lignes, ainsi qu'au milieu du bras et de la cuisse.

Toutefois les expériences de G. Valentin (1) tendent à prouver que de pareilles mesures sont loin d'être absolues ; car, d'après ce physiologiste, la finesse du tact varie, chez les différents individus, au point d'être deux fois plus grande chez une personne que chez une autre dans la même région du tégument externe (2). Il résulte aussi de ces expériences que certaines parties, comme le pénis, l'aréole du mamelon, etc., dont la titillation peut donner lieu à une sensation voluptueuse, se distingueraient par leur faible impressionnabilité au contact.

En faisant tous ses efforts pour que l'organe tactile fût, pour ainsi dire, l'unique juge des impressions reçues et transmises par lui, et que jamais ces impressions ne pussent être modifiées par une opération intellectuelle quelconque, H. Belfield-Lefèvre (3) est arrivé, après des vérifications nombreuses, à formuler, sur le point qui nous occupe, des propositions générales dont la plupart s'accordent avec celles de Weber ; nous nous bornerons à en rappeler quelques unes : 1° Une portion quelconque du tégument perçoit plus nettement l'intervalle qui existe entre deux points, lorsque la ligne qui unit ces deux points est perpendiculaire à l'axe du corps ou du membre (*transverse*), que quand cette ligne est parallèle à ce même axe (*longitudinale*) (4). 2° Lorsque deux points, amenés *simultanément* au contact d'une portion quelconque du tégument, sont perçus comme nettement distincts, la distance qui sépare ces deux points paraît d'autant plus grande que le sens tactile est plus développé dans la portion du tégument que l'on explore (5). 3° Lorsque deux points sont amenés *successivement* au contact de la peau, la dis-

(1) *De functionibus nervorum cerebralium et nervi sympathici*. Bernæ, 1839, p. 118.

(2) Consultez aussi GRAVES : *Observat. on the sense of touch, including an analysis of Weber's work on that subject*. Dans *Edinburgh new philos. Journ.*, 1836, t. XLI, p. 74.

(3) *Thèse cit.*

(4) Le bout des doigts et celui de la langue font exception à cette règle : avec ces parties on distingue plus facilement la distance quand les deux branches du compas sont disposées dans le sens longitudinal. (E.-H. WEBER, *op. cit.*)

(5) Il est très facile de vérifier ce résultat en touchant comparativement, avec deux pointes, le bout de la langue, puis le bord libre de la lèvre inférieure.

tance qui les sépare paraît plus grande que si le contact a lieu pour les deux points en même temps : en général, la distance qui sépare les deux points paraîtra d'autant plus grande, que le temps écoulé entre les deux contacts aura été plus considérable. 4° Deux points, situés des deux côtés de la ligne médiane, paraissent plus éloignés l'un de l'autre que deux points, également distants, mais situés d'un seul et même côté de cette ligne. 5° Si l'on choisit, sur la surface tégumentaire, deux régions dont la position relative soit sujette à varier (les deux paupières, les deux lèvres, etc.), et qu'on appuie chacune des deux pointes d'un compas sur l'une de ces deux surfaces, la distance qui sépare les deux pointes l'une de l'autre paraîtra beaucoup plus grande que si les deux pointes du compas reposaient en même temps sur l'une ou sur l'autre surface. 6° Le sens tactile est plus développé dans les téguments de la tête que dans ceux du tronc : à la face, la délicatesse de ce sens décroît assez régulièrement à mesure que l'on s'éloigne de l'orifice buccal. 7° Dans les membres, la délicatesse tactile s'accroît à mesure que l'on s'éloigne davantage de l'axe du corps. 8° Elle est moindre dans les téguments du tronc que dans ceux des membres.

b. La sensation de résistance occasionnée par une pression de la surface tégumentaire peut sans doute, dans certaines circonstances, s'obtenir par le moyen du seul sens tactile ; mais dans d'autres, où il s'agit d'appréciation de poids notable, la sensation est évidemment complexe, et résulte de deux opérations intellectuelles différentes, l'une qui a pour but d'évaluer, au moyen du sens tactile, la pression exercée sur le tégument, et l'autre de juger le degré d'effort musculaire employé pour soulever la masse dont on cherche le poids. C'est en scrutant les résultats obtenus par le sens tactile, dans des circonstances qui ne commandent pas en même temps des contractions musculaires, qu'il devient possible de déterminer, d'une part, la valeur de ce sens comme moyen d'apprécier les résistances offertes par les corps extérieurs, et, d'autre part, d'indiquer, au même point de vue, la valeur relative des diverses régions de la surface tégumentaire.

Les différentes régions du tégument externe ne distinguent pas également bien les mêmes différences de pression : sous ce rapport, les lèvres, la face palmaire des doigts, la face plantaire des orteils, la peau du front, etc., l'emportent sur les autres parties du corps. En général, celles qui distinguent le mieux les minimes distances sont encore celles qui apprécient le mieux les minimes différences de pression (1). D'après E.-H. Weber (2), cette dernière faculté d'appréciation serait plus prononcée dans la moitié gauche que dans la moitié droite de nos téguments, particularité qui n'a pu être expliquée, jusqu'à présent, par aucune hypothèse plausible : « Inter 14 homines, dit Weber, diversi ætatis, diversisque studiis » et laboribus opera dantes, 11 homines idem pondus sinistra manu incumbens, majus quam dextra manu positum, visum est ; in 2 contraria ratio valebat ; » in 1 tantum differentia sinistri et dextri lateris plane non apparuit. » Du reste, une différence entre deux pressions est évaluée d'une manière beaucoup moins exacte, lorsque cette évaluation se fonde sur les seules impressions de l'organe du tact, que quand elle résulte d'une appréciation simultanée des impressions tactiles et des contractions musculaires : ainsi l'expérience démontre qu'une différence d'un huitième est à peine perçue par le seul organe du tact, tandis qu'une diffé-

(1) Belfield-Lefèvre, *Thèse cit.*, p. 48.
(2) *Op. cit.*, p. 85.

rence d'un seizième devient perceptible par le concours des deux modes d'évaluation (1).

Ajoutons que deux corps de même masse et de même substance, mais de formes différentes, ne déterminent pas, sur le même point du tégument, la même impression. En général, le poids apparent d'un corps est en raison inverse de la base sur laquelle il s'appuie : ainsi, si l'on place un *tronc de cône* sur un point déterminé du tégument, ce corps paraîtra plus lourd ou plus léger, suivant qu'il reposera sur la plus petite ou sur la plus grande de ses deux bases (2).

c. Quant à la *sensation de température*, elle ne peut se produire, dans le cas spécial qui nous occupe, que s'il y a une certaine quantité de calorique soustraite ou communiquée, pendant un temps déterminé, à l'organe tactile. Évidemment, quand il y aura égalité de température entre celui-ci et les corps ambiants, la sensation sera nulle, tandis qu'un même degré de chaleur produira une sensation de chaud ou de froid, si l'organe est actuellement au-dessous ou au-dessus de ce degré.

Un fait assez digne de remarque, c'est que l'impression qui est due au contact d'un corps d'une température déterminée est proportionnelle à l'étendue des surfaces en contact : ainsi un corps d'une température donnée, en contact avec une large surface tégumentaire, pourra produire une sensation de chaleur plus intense qu'un même corps d'une température plus élevée, mais en contact avec une moindre surface. Une différence de température, imperceptible à une petite surface tégumentaire, pourra être facilement perçue par une surface tégumentaire plus étendue : ainsi l'extrémité du doigt constatera difficilement une différence de température d'un tiers de degré du thermomètre centigrade, tandis que cette différence sera parfaitement perceptible pour la main tout entière. « Il semble, dit H. Belfield-Lefèvre (3), que les impressions différentielles, communiquées à chaque point distinct du tégument, s'additionnent en une somme totale, qui seule est transmise au cerveau, de telle sorte que la température apparente d'un corps soit toujours proportionnelle au nombre de points par lequel ce corps touche l'organe du tact. »

Les différences de température ne sont point perçues avec la même netteté par les diverses régions de la surface tégumentaire externe ou interne, et les expériences prouvent que la peau de la face palmaire des doigts, la muqueuse de la pointe de la langue, etc., pourtant douées au plus haut degré de la sensibilité tactile, le cèdent à la peau des joues, des paupières et de l'olécrâne, sous le rapport de l'impressionnabilité aux températures différentes.

On sait à quel point des liquides très chauds ou très froids impressionnent les papilles dentaires elles-mêmes. La muqueuse de l'œsophage et de l'estomac, celle du vagin et du rectum, sont loin d'être étrangères aux impressions de température. Je suis porté à supposer qu'il en est de même d'une assez grande longueur du gros intestin, car on éprouve une sensation de froid très manifeste, qui semble marcher dans la direction des côlons ascendant et transverse, après l'administration d'un lavement froid. Il se pourrait néanmoins que les nerfs des parois abdominales con-

(1) *Thèse cit.*, p. 46.
(2) *Ibid.*
(3) *Idem*, p. 51.

tigués à cette portion de l'intestin fussent les seuls agents de transmission d'une pareille impression.

Quoi qu'il en soit, l'aptitude à discerner les températures pouvant appartenir à quelques surfaces évidemment dépourvues de sensibilité tactile, on conçoit que certains physiologistes aient pu voir là un phénomène de sensibilité générale. On sait que Darwin prétend avoir observé l'abolition du tact, avec persistance de la sensibilité à l'action de la chaleur ; il cite, en effet, des observations de paralytiques insensibles à l'action des irritants mécaniques, et qui ressentaient vivement l'impression de la flamme. Sa conclusion est que le tégument externe jouit d'une double sensibilité, l'une pour le tact, l'autre pour la perception de la chaleur. Mais l'observation de tous les jours ne confirmant pas les exemples rapportés par Darwin, rien ne saurait établir la nécessité de distinguer ces deux sortes de sensibilité ; et, d'ailleurs, en admettant comme exacts les faits exceptionnels dont parle le physiologiste anglais, on pourrait croire tout simplement que, dans certains cas, le calorique est, pour la peau, un stimulant plus approprié ou plus énergique que nos irritants mécaniques ordinaires.

IV. Nous avons dit précédemment que, chez l'homme, si toutes les parties du tégument externe et certaines régions du tégument réfléchi sont le siége de sensations tactiles plus ou moins distinctes, la main, plus encore par sa conformation que par sa sensibilité tactile si prononcée, devait être regardée comme l'organe principal du *toucher* (1).

Avec ses brisures nombreuses, ses prolongements articulés et mobiles, susceptibles d'écartement et de rapprochement, ses nerfs si volumineux (2), sa position à l'extrémité d'un long levier, mieux que toute autre partie, la main présente l'heureuse prérogative d'avoir plus de surface, d'embrasser un plus grand nombre d'objets, d'aller à leur rencontre, de multiplier et de varier les points de contact par lesquels elle peut être affectée. Aussi un appareil locomoteur des plus complets lui permet-il d'exercer les mouvements les plus variés, et, en prenant pour ainsi dire toutes les formes, de s'appliquer immédiatement sur tous les objets, et d'en recevoir, par conséquent, dans un même instant, un nombre infini d'impressions. Nous avons d'ailleurs fait observer que, tant que la main reste immobile à la surface des corps, elle agit seulement comme organe de tact ; que, pour exercer le toucher, il faut qu'elle se meuve, soit pour parcourir leur surface, afin de nous en indiquer la forme, les dimensions, etc., soit pour comprimer ces corps, afin de nous donner des notions sur leur élasticité, leur consistance, etc.

C'est surtout à la faculté d'opposition du pouce que l'homme doit la perfection de son organe du toucher (3). Grâce à cet artifice, aux zones papillaires concentriques des extrémités digitales, il n'est corps si ténu qu'il ne puisse saisir et palper,

(1) On verra plus loin quels sont les divers organes du toucher dans la série des animaux.

(2) Les rameaux nerveux, destinés à la face palmaire des doigts, présentent une disposition fort remarquable qui consiste dans la présence de corpuscules gangliformes, signalés pour la première fois par Andral, Camus et Lacroix, et plus récemment étudiés par Pacini, Henle et Kölliker. Du reste, les usages de ces corpuscules sont absolument ignorés. (Au sujet de leur structure, etc., consultez un mémoire de DENONVILLIERS, inséré dans les *Arch. d'anat.* de Mandl.)

(3) Dans le singe, le pouce, étant relativement plus court, ne peut pas aussi bien faire pince avec les autres doigts. Ajoutons que les mouvements de ces doigts ne sont pas aussi indépendants les uns des autres, que le membre supérieur n'est pas exclusivement organe de préhension, que comme le postérieur il sert à la station et à la progression, que dès lors, enfin, l'épiderme des doigts étant par trop épaissi, leur sensibilité tactile en est émoussée.

en même temps que, par l'écartement considérable de ce doigt, il parvient à empoigner des corps très volumineux.

Le derme ou chorion sert, pour ainsi dire, de base à l'appareil tactile : couche à la fois solide et élastique, il permet aux corps extérieurs de s'appliquer médiatement sur les papilles sans les léser ou les paralyser par l'effet de leur pression ; sa souplesse est accrue par la présence d'un tissu cellulo-fibreux sous-jacent, qui, à l'extrémité des doigts, prend la forme d'un véritable coussinet élastique. L'épiderme s'interpose entre les agents extérieurs et les papilles, de manière à protéger ces dernières ; les ongles contribuent à l'exactitude de l'application des doigts, etc. Quant aux autres détails relatifs à l'usage et à l'utilité de chacune des parties de la main, nous ne saurions trop engager le lecteur à méditer le traité *De usu partium* (lib. I, 11) de Galien : on y trouve la démonstration, curieuse par ses détails infinis, que la main est parfaitement ce qu'elle devait être pour le rôle auquel elle est destinée.

Buffon (1) ne partage pas l'enthousiasme de Galien sur la structure de la main ; car, tout en reconnaissant l'avantage que l'homme retire de la propriété qu'ont ses doigts de s'étendre, se raccourcir, se plier, se séparer, se joindre, et de s'ajuster à toutes sortes de surfaces, il ajoute : « Si la main avait encore un plus grand nombre de parties, qu'elle fût, par exemple, divisée en vingt doigts, que ces doigts eussent un plus grand nombre d'articulations et de mouvements, il n'est pas douteux que le sentiment du toucher ne fût infiniment plus parfait dans cette conformation qu'il ne l'est, parce que cette main pourrait alors s'appliquer beaucoup plus immédiatement et plus précisément sur les différentes surfaces des corps ; et, si nous supposions qu'elle fût divisée en une infinité de parties, toutes mobiles et flexibles, et qui pussent toutes s'appliquer en même temps sur tous les points de la surface des corps, un pareil organe serait une espèce de géométrie universelle (si je puis m'exprimer ainsi), par le secours de laquelle nous aurions, dans le moment même de l'attouchement, des idées exactes et précises de la figure de tous les corps, et de la différence, même infiniment petite, de ces figures. »

Telle qu'elle est, la main seule ou les deux mains réunies suffisent pour nous donner les impressions tactiles les plus variées et les plus étendues : placées à l'extrémité des membres supérieurs, elles peuvent comprendre entre elles un espace égal à la hauteur de notre corps, décrire des cercles dont le rayon peut être infiniment petit ou être de la grandeur de la totalité du membre supérieur ; tantôt rapprochées du reste du corps, elles le touchent en un point quelconque, car il n'en est pas qui soit inaccessible à l'une ou l'autre main ; tantôt elles en sont éloignées, et, quand nous avançons à tâtons dans l'obscurité, elles marchent, pour ainsi dire, devant nous. C'est par elles que nous recevons les premières notions des corps extérieurs ; aussi nous servent-elles encore à la préhension de ceux qui peuvent nous être utiles, à la répulsion de ceux qui peuvent nous être nuisibles ; aussi, par sa perfection, la main semble-t-elle être en rapport avec la perfection de l'intelligence. « Jamais la main du nègre, dit Guitton (2), ne nous a offert cette organisation, ce développement, cette régularité de ligne, cette harmonie qui constituent la supériorité et la beauté de celles que nous avons si souvent remarquées chez les blancs..... Le membre thoracique et la main de l'idiot et du crétin sont informes

(1) *Loc. cit.*
(2) *Anat. et physiol. comp. de la main.* Thèse inaug., p. 26. Paris, 1843, n° 124.

et atrophiées comme leur cerveau ; leur main, petite, supportée par un large poignet, manque quelquefois de pouce ; et, quand il existe, il reste fléchi, comme adhérent à la paume de la main. » Mais il ne faut pas oublier pour cela, comme nous le répéterons bientôt, que l'homme doit sa suprématie à son organisation cérébrale, et que, quand la nature l'a doué d'intelligence, elle a dû, par conséquent, le pourvoir de l'instrument nécessaire pour en accomplir les combinaisons.

V. Le sens du toucher a pour usage de nous avertir du contact des corps ambiants et de nous donner des notions sur la température relative, la solidité ou la fluidité, le poids, le mouvement, l'étendue, le nombre, la situation, la direction et la forme de ces corps. Cependant, comme nous l'avons déjà fait observer, plusieurs de ces notions supposent la préexistence des idées de temps, de mouvement et d'espace, ou ne peuvent devenir rigoureusement exactes que par le concours d'un autre sens, celui de la vue.

La puissance du toucher, toute grande et tout admirable qu'elle est déjà, a pourtant été encore exagérée : on a voulu faire de ce sens, le premier, le plus important des sens, celui qui rectifie les autres, qui peut les remplacer tous, etc.; et, dans cette voie, on a été jusqu'à considérer ceux-ci seulement comme des modifications du toucher.

« Toute la différence qui se trouve dans nos sensations, dit Buffon (1), ne vient que du nombre plus ou moins grand et de la position plus ou moins extérieure des nerfs : ce qui fait que les uns de ces sens peuvent être affectés par de petites particules de matières qui émanent des corps, comme l'œil, l'oreille et l'odorat; les autres, par des parties plus grosses qui se détachent des corps au moyen du contact, comme le goût ; et les autres par les corps ou même par les émanations des corps lorsqu'elles sont assez réunies et assez abondantes pour former une espèce de masse solide, comme le toucher, qui nous donne des sensations de la solidité, de la fluidité et de la chaleur des corps. »

Lecat (2) fait du toucher le plus sûr des sens et le dernier retranchement de l'incrédulité. Toute la doctrine de Condillac est fondée sur la même opinion, qu'il a exagérée au delà des limites de la raison ; et Helvétius (3) en est venu à dire : « Si la nature, au lieu de mains et de doigts flexibles, eût terminé nos poignets par un pied de cheval, qui doute que les hommes ne fussent encore errants dans les forêts comme des troupeaux fugitifs? »

Il est curieux de voir que Galien, qui s'est livré avec tant de détails et de perfection à l'examen de l'utilité de la main et de ses parties, s'élève déjà contre cette manière de voir qui remonte par son origine jusqu'avant Aristote : « L'homme a eu des mains, dit Galien (4), parce qu'il est un animal très sage et que les mains sont pour lui des instruments convenables ; car il n'est point animal très sage, comme disait Anaxagoras, parce qu'il a eu des mains, mais il les a eues parce qu'il est très sage, comme a jugé très bien Aristote : car ce ne sont pas les mains, mais la raison qui lui ont enseigné les arts. Ainsi les mains sont instruments des arts, comme la lyre du musicien et les tenailles du forgeron; mais l'un et l'autre est sa-

(1) *De l'homme; des sens en général.* Edit. de Sonnini, t. XX, p. 41.
(2) *Traité des sensations*, t. II, p. 203. Paris, 1767.
(3) *De l'esprit*, etc., ch. I.
(4) *De usu partium*, trad. de Daléchamp, liv. I, ch. III, p. 4; Paris, 1659, et dans édit. lat., fol. 109, au verso. *Venise*, 1541.

vant en son art par la raison, de laquelle il a été doué et pourvu, et ne peut néanmoins exercer les arts qu'il sait sans instruments. »

Non, le toucher, quelque délicat qu'il soit, quelque exercé qu'il puisse devenir, n'est pas capable de remplacer les autres sens, non plus que les autres sens ne pourraient suppléer à l'absence du toucher s'il venait à manquer. Les sens s'entr'aident, s'associent pour le complément des notions nécessaires à l'esprit, mais leur appui mutuel ne s'applique qu'à leurs fonctions médiates, et jamais l'acte immédiat, spécial de chaque sens, ne peut être rempli par un autre : la vue seule reconnaît la couleur des corps, l'odorat seul leur odeur, le goût seul leur sapidité, etc.; mais, aussi bien que le toucher, la vue peut apprécier leur contour, leurs dimensions, etc., et, comme l'ouïe ou la vue, l'odorat permet parfois de juger de leur distance et de leur direction. Il faut reléguer, parmi les erreurs que l'esprit humain propage ou accueille avec tant d'aveuglement, l'histoire merveilleuse (1) d'un organiste hollandais qui, devenu aveugle, pouvait distinguer au toucher les différentes couleurs; et peut-être même celle du sculpteur Ganibasius de Volterre (2) qui, aveugle aussi, pouvait, après avoir touché un objet, en faire en argile la copie parfaitement ressemblante. Il n'est pas impossible que, parmi les couleurs que les arts emploient, quelques unes offrent des aspérités, des rugosités sensibles au toucher; mais la main, qui reconnaît ces caractères tangibles, ne reconnaît pas pour cela les couleurs, mais seulement des particularités tactiles qui coexistent avec la couleur. Aussi les aveugles, qui apprennent à lire avec les mains, à toucher la parole écrite en relief, n'ont-ils de l'écriture que les notions de forme et nullement celles qui ne peuvent s'acquérir que par les yeux.

Il en est de même pour le sens de l'ouïe : quand des vibrations sonores sont perçues par le toucher, elles ne donnent que la sensation de la vibration et nullement celle du son. Quand on approche du nez, des lèvres ou des dents d'un sourd, un diapason qui vibre, le frémissement, le chatouillement qui résulte de ce contact est perçu par le sourd comme par toute autre personne, mais il est perçu séparément du son qu'il produit.

Il ne faut pas oublier, du reste, que les sens ne sont que les instruments de l'intelligence. Les notions qu'ils nous fournissent sur les corps peuvent être plus ou moins étendues sans cesser d'être suffisantes, et la mémoire ou le jugement peut suppléer au défaut des renseignements fournis. Ainsi la vue de l'eau donne l'idée de l'humidité, qui est du ressort du tact; le bruit d'une contusion fait naître l'idée de pression, qui est une sensation tactile. Dira-t-on que la vue et l'ouïe remplacent le toucher? Non sans doute; mais on reconnaîtra, avec Montaigne, que c'est l'intelligence qui voit et qui entend, que c'est elle aussi qui touche : la main n'est que l'instrument dont elle se sert pour cet effet.

C'est par le secours de la main ou du toucher qu'on est parvenu à fournir d'assez nombreuses notions à l'intellect de pauvres êtres assez maltraités par la nature, pour être à la fois sourds, aveugles et muets. Mais la poésie seule peut admettre que ces individus voient ou entendent avec les mains, reçoivent par elles les notions de la lumière ou du son, non plus que les muets ne possèdent la voix dans leurs mains. L'intelligence humaine est assez active pour pouvoir se développer alors même qu'elle est privée de la plupart de ses instruments; elle est assez habile pour

(1) LECAT, *ouv. cit.*, t. II, p. 211.
(2) LECAT, *loc. cit.*

suppléer artificiellement au sens qui lui manque ; mais elle ne saurait le remplacer. Que les impressions sensoriales soient ou non des vibrations analogues à celles du tact, ce qui constitue leur spécificité, c'est surtout la spécialité de l'organe, de la portion du centre nerveux destinée à les recevoir. Buffon (1) s'est évidemment trompé quand il a dit : « La différence qui est entre nos sens ne vient que de la position plus ou moins extérieure des nerfs et de leur quantité plus ou moins grande dans les différentes parties qui constituent les organes. C'est par cette raison qu'un nerf ébranlé par un coup ou découvert par une blessure, nous donne souvent la sensation de la lumière sans que l'œil y ait part, comme on a souvent aussi, par la même cause, des tintements et des sensations de sons, quoique l'oreille ne soit affectée par rien d'extérieur. »

Contre l'assertion de l'illustre naturaliste, jamais un nerf de sensibilité tactile, quelque légèrement ou superficiellement qu'il soit impressionné, ne pourra transmettre une impression lumineuse et faire naître la sensation visuelle ; que ce soit la lumière même qui soit employée comme excitant d'un nerf de sensibilité tactile, l'impression lumineuse ne sera ni reçue, ni transmise, ni perçue, de même qu'une impression tactile, si violente qu'elle puisse être, ne sera pas reçue par la rétine, ni transmise par le nerf optique, ni perçue par l'encéphale : elle ne pourra produire qu'une sensation lumineuse, comme la lumière agissant sur les nerfs de sensibilité générale ne détermine que la sensation de la chaleur, comme les vibrations sonores ne causent à la peau qu'une sensation tactile.

Sans vouloir nier que notre éducation intellectuelle soit fondée en grande partie sur les connaissances que le toucher nous procure, nous ne saurions répéter avec Buffon (2) : « C'est par le *toucher seul* que nous pouvons acquérir des connaissances complètes et réelles ; c'est ce sens qui rectifie tous les autres sens, dont les effets ne seraient que des illusions et ne produiraient que des erreurs dans notre esprit, si le toucher ne nous apprenait à juger. » Évidemment tout ce qu'on a attribué au toucher, sous ces rapports, appartient à des organes plus relevés qui le mettent en œuvre. Comment admettre que le toucher puisse compléter ou rectifier nos idées sur les couleurs, les odeurs, les saveurs et les sons ? La nature n'a pas pu créer des sens multiples pour commettre des erreurs qui fussent rectifiées par un seul. Et d'ailleurs, le toucher, ce prétendu régulateur de tous les autres sens, ne cause-t-il donc point aussi des illusions à notre intelligence ? parfois ne nous égare-t-il pas sur la consistance, sur le poids, sur la température, sur les mouvements des corps, aussi bien que sur leur forme, leur étendue, leur situation et leur nombre ?

VI. Diverses influences peuvent modifier l'exercice du tact et du toucher.

Chez l'homme et chez la plupart des animaux, l'exposition du tégument externe aux intempéries de l'air donne à ce tégument plus d'épaisseur et de densité. Le froid, en particulier, diminue sa susceptibilité, son action perspiratoire, et détermine la végétation d'une plus grande quantité de poils à sa surface. Les hommes du Nord sont par cette raison moins sensibles, et, en général, plus velus que ceux du Midi ; et chacun connaît la différence qui existe entre les riches fourrures des animaux des régions polaires et la surface pelée des mêmes espèces dans les contrées

(1) *Loc. cit.*
(2) *Hist. nat. gén. et partic.*, édit. de Sonnini, t. XX, p. 49.

méridionales. L'humeur visqueuse dont une chaleur constante provoque l'exhalation, chez les habitants des tropiques, tend à amoindrir la trop vive sensibilité de leur surface tégumentaire.

Quant aux âges, on sait que le racornissement et la sécheresse de la peau, chez le vieillard, s'opposent à l'exercice parfait du sens tactile, et que les conditions inverses s'observent chez l'enfant.

Les femmes ont entre autres avantages sur les hommes, celui d'avoir le toucher plus délicat, la peau plus fine et plus belle : aussi le contact moelleux, élastique et satiné de leur corps procure-t-il à l'homme une sensation des plus agréables, qui contribue puissamment à l'éveil de désirs érotiques.

Comme on l'observe dans un grand nombre de professions, le toucher peut arriver, par l'exercice, à un degré de perfection très élevé. Personne n'ignore combien la culture et l'habitude lui apportent de sagacité et de délicatesse chez les aveugles-nés, qui apprennent à lire couramment avec les doigts, l'impression du relief des lettres les dispensant de les voir. Ajoutons que les affections fébriles, en desséchant la peau ou en l'inondant de sueur, peuvent modifier le sens tactile, qu'il n'est pas rare de voir disparaître partiellement dans certaines névroses, telles que l'hystérie, la catalepsie, l'hypochondrie, etc. (1).

VII. C'est aussi dans le tégument extérieur et dans ses appendices que réside spécialement le sens tactile chez les divers animaux. Les conditions anatomiques de ces organes ont une grande influence sur le degré de développement du sens dont il s'agit. Dans l'homme, le tact existe, comme nous l'avons dit, sur toute la surface du corps; mais le sens du toucher a son siége principal dans la main. Il en est de même du singe : ses quatre extrémités offrent les caractères de la main, quoique avec des imperfections assez nombreuses. Notons encore que, chez les sapajous, ce ne sont pas seulement les mains et les pieds, mais encore l'extrémité de la queue, qui servent d'organes du toucher.

Dans les *mammifères*, les conditions d'aptitude du tégument extérieur à recevoir les impressions tactiles sont modifiées par la présence des poils. On sait que, dans certaines espèces, les moustaches servent manifestement au toucher, et que des nerfs volumineux aboutissent aux bulbes de ces poils. Cette disposition est manifeste chez les rats, les phoques, etc.

L'extrémité du nez est disposée, dans plusieurs animaux, de façon à pouvoir leur donner connaissance des qualités tangibles des corps. Le cochon et la taupe s'en servent à cet effet, et l'éléphant possède de plus une trompe contractile dont l'extrémité est riche en papilles. Les lèvres ne restent pas non plus étrangères aux sensations du toucher : chez le cheval, l'âne, le rhinocéros, elles y prennent une part évidente. Dugès (2) admet que les membranes des ailes des chauves-souris sont douées d'une sensibilité exquise qui compense le développement peu considérable de la faculté visuelle.

Dans les *oiseaux*, la sensibilité tactile est peu développée, à cause du grand nombre de plumes qui recouvrent la surface de leur corps. Le toucher s'exerce

(1) Consultez, à ce sujet, l'intéressant Mémoire de Beau, intitulé : *Recherches cliniques sur l'anesthésie, suivies de quelques considérations physiologiques sur la sensibilité*. Dans *Arch. gén. de méd.*, t. XVI, p. 1, 4e série, 1848. — Nous avons examiné précédemment ce travail dans nos *Considérations générales sur les sens et les sensations*. (Voy. le t. I de notre ouvrage.)

(2) *Physiol. comparée*, t. I, p. 117.

presque exclusivement par les pattes et le bec : une condition avantageuse, sous ce rapport, est le nombre considérable d'articulations des doigts chez ces animaux. Le corps papillaire du derme est aussi développé, et la partie inférieure des doigts notamment est garnie de fortes papilles. L'enveloppe cornée du bec n'enlève pas à cet organe sa sensibilité propre ; le bec inférieur reçoit une branche nerveuse considérable du nerf trijumeau chez le canard, etc. La langue, chez plusieurs oiseaux, sert aussi à faire reconnaître les qualités tangibles des corps.

Beaucoup de *reptiles* n'ont pas d'organe spécial du toucher. Parmi les reptiles écailleux, nous devons néanmoins citer les geckos, qui ont un tact assez développé, probablement en raison de l'élargissement de leurs doigts. Dans les chéloniens, le tact est, au contraire, à l'état rudimentaire ; la brièveté des doigts et leur réunion expliquent cette particularité. Doit-on admettre que le museau des lézards, la langue de la couleuvre servent aux sensations tactiles? Chez les batraciens, la peau est nue et semble jouir de qualités tactiles très éminentes.

Les organes du tact, dans les *poissons*, sont imparfaitement connus. On considère comme tels les prolongements qui se trouvent autour du museau ou de la tête, et qu'on désigne sous le nom de *barbillons*. Ces prolongements existent en plus grand nombre, chez les silures, les loches, les esturgeons, etc. De Blainville (1) assure avoir constaté que, chez ces derniers animaux, les barbillons reçoivent des filets nerveux considérables. Jacobson a observé, dans les squales, des organes particuliers que l'on considère généralement comme faisant partie de ceux du toucher, et qu'il a comparés aux moustaches des chats. On suppose aussi que les nageoires latérales de certains poissons servent aux sensations tactiles. Les appendices du *scorpène antenné* remplissent peut-être le même rôle.

Dans les animaux *articulés*, il existe de grandes différences au point de vue qui nous occupe. Avec un tégument corné ou calcaire que possèdent les crustacés, les insectes, les myriapodes et les arachnides, on conçoit que ces animaux ne doivent pas avoir une sensibilité tactile très grande. Cependant Dugès (2) admet que l'élasticité et la vibratilité de cette enveloppe la rendent susceptible de transmettre aux parties sous-jacentes des impressions assez légères. Chez les insectes et les arachnides, il existe des poils élastiques, roides et vibrants, dont les usages se rapportent à l'exercice du tact.

Chez les larves d'insectes, dans les annélides, la peau est plus flexible que dans les autres articulés; aussi jouit-elle d'une sensibilité plus vive. La *chenille marte* offre des poils qui, étant touchés même légèrement, font rouler l'animal sur lui-même.

Les organes que l'on désigne sous le nom de palpes, d'antennes, et qui existent chez la plupart des invertébrés, ne sont nullement conformés pour palper, suivant de Blainville (3), c'est-à-dire pour donner une idée de la forme des corps. D'après Dugès (4), les palpes sont efficacement employés à l'exploration des aliments dont ils aident l'ingestion.

(1) *De l'organisation des animaux*, 1822, p. 227.
(2) *Ouv. cit.*, t. I, p. 121.
(3) *Ouv. cit.*, p. 233.
(4) *Ouv. cit.*, t. I, p. 124.

Dans les *mollusques*, la peau est humide et souple, disposée conséquemment de manière à recevoir des impressions tactiles. On trouve, en outre, chez les animaux qui appartiennent à cette classe, des organes spéciaux en rapport avec l'exercice du tact ; tels sont les longs bras des céphalopodes, instruments qui servent en même temps à la locomotion. Les polypes et les hydres, les actinies, les holothuries, ont aussi des appendices de ce genre. Enfin, quelques uns de ces animaux ont la peau nue, mince, et le corps généralement sensible ; mais on comprend qu'il y a loin des impressions qu'ils peuvent ressentir à celles que procure un véritable sens du toucher.

PROPRIÉTÉS ET FONCTIONS DU SYSTÈME NERVEUX EN GÉNÉRAL (1).

Le SYSTÈME NERVEUX est le siége des facultés sensoriales et intellectuelles, du principe incitateur des mouvements volontaires ou involontaires; il préside aux diverses sympathies, aux actes nutritifs et sécrétoires, et domine ainsi les fonctions de l'économie tout entière.

Une question capitale, soulevée depuis longtemps par l'observation des maladies, résolue d'une manière tantôt affirmative et tantôt négative, s'offre tout d'abord dans l'étude physiologique du système nerveux : cette question est relative à la possibilité de distinguer les uns des autres, dans ce système, les appareils spéciaux du sentiment, du mouvement et de l'intelligence.

Hâtons-nous de reconnaître que, dans l'encéphale, pareille distinction laisse encore beaucoup à désirer, et que sur ce point, dans l'état présent de la science, nous sommes riches plutôt en hypothèses qu'en vérités rigoureusement établies.

Mais en est-il de même quand il s'agit de discerner les conducteurs des impressions des conducteurs du mouvement, soit dans les nerfs, soit dans les faisceaux de la moelle épinière elle-même; et, dans le cas où cette délimitation importante serait facile à mettre en évidence chez les animaux vertébrés, pourrait-elle aussi devenir manifeste dans les parties analogues du système nerveux des animaux inférieurs? Tel est le problème physiologique dont la solution intéressante devra d'abord nous occuper.

Puis, nos efforts s'appliqueront à démêler, autant que possible, dans l'encéphale lui-même, les parties plus spécialement en rapport avec l'exercice du sentiment, du mouvement et de l'intelligence; à étudier le mode d'action de l'appareil nerveux moteur et de l'appareil nerveux sensitif, l'influence des agents électrique, mécaniques et chimiques, sur ces deux appareils; à rechercher s'il existe réellement des centres et des nerfs spéciaux en rapport avec les fonctions nutritives, avec cette force toute singulière récemment appelée *force ou pouvoir réflexe*, et avec les phénomènes dits sympathiques. Enfin, il nous faudra examiner l'hypothèse de la présence, dans le système nerveux, d'un fluide impondérable désigné sous les noms divers de *principe*, *agent ou fluide nerveux*,

(1) Voir, pour ce qui concerne l'étude anatomique du système nerveux, notre ouvrage intitulé : ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE DU SYSTÈME NERVEUX DE L'HOMME ET DES ANIMAUX VERTÉBRÉS; *Ouvrage contenant des observations pathologiques relatives à ce système, et des expériences sur les animaux des classes supérieures* : 2 vol. in-8° avec planches. Paris, 1842.

force nerveuse, *principe actif des nerfs*, *etc.*, et faire succéder à cette étude d'ensemble celle de chacune des dépendances du système nerveux en particulier.

I. SIÉGE DISTINCT DE LA SENSIBILITÉ ET DE LA MOTRICITÉ DANS LE SYSTÈME NERVEUX.

A. Division physiologique des nerfs rachidiens et des faisceaux de la moelle.

Dès la plus haute antiquité, on s'est préoccupé de la question de savoir comment il se fait que, dans des parties jouissant encore de la liberté de leurs mouvements, la sensibilité puisse s'éteindre, ou que, réciproquement, celle-ci étant intacte, les mouvements y deviennent impossibles : aussi les simples prévisions du raisonnement avaient-elles déjà fait supposer la division des organes nerveux en ceux du sentiment et ceux du mouvement.

Au rapport de Ruphus d'Éphèse (1), Érasistrate admettait deux sortes de nerfs, les uns sensitifs, les autres moteurs, et faisait dériver les premiers des méninges, les seconds du cervelet et du cerveau.

Galien (2) surtout avait fixé son attention sur ce point. Il cite, dans divers passages de ses écrits, l'observation d'un certain Pausanias qui, étant tombé de voiture, avait reçu, entre les deux épaules, un coup violent, dont la conséquence avait été une paralysie du sentiment aux deux derniers doigts, et à la moitié du doigt du milieu. Vainement d'autres médecins avaient appliqué divers topiques sur les doigts malades; Galien seul reconnut que la source du mal était à la moelle épinière, au point d'émergence des nerfs, et qu'il fallait diriger les moyens thérapeutiques vers ce point : en effet, sa médication fut heureuse. Pour tirer de leur surprise ceux qui ne comprenaient point comment l'application de ces moyens à la colonne épinière avait pu faire disparaître une anesthésie des doigts, Galien leur expliqua que des nerfs de sensibilité, propres à ces organes, viennent directement de la moelle, d'où émergent aussi des nerfs de mouvement, qui sont distincts des premiers, puisque la peau ou les muscles peuvent se paralyser isolément. Galien, qui d'ailleurs avait exécuté des expériences si curieuses sur la moelle épinière (3), n'avait donc plus qu'un pas à faire pour découvrir les usages spéciaux des racines antérieures et postérieures.

Beaucoup d'anciens anatomistes, parmi lesquels je citerai surtout Dulaurens (4), embrassèrent l'opinion d'Érasistrate et de Galien.

Boerhaave (5) s'en montre le partisan, quand il emploie ces paroles remarquables : *Ex hâc medullâ exit duplex genus nervosum, unum motui, alterum sensui inserviens, nec unquàm inter se communicans... Quis dicet hìc : Hoc movet, hoc sentit?*

« A l'égard des animaux qui ont une moelle épinière, dit notre célèbre naturaliste Lamarck (6), il part de toutes les parties de leur corps des filets nerveux d'une

(1) *De partibus corporis humani.* Trad. latine, édit. de Goupyl. Paris, 1554.

(2) *De administ. anatom.*, cap. I. — *De methodo medendi.* — *De locis affectis*, lib. I, cap. VI; lib. III, cap. XIV; lib. IV, cap. X et XII.

(3) *De Anatom. administ.*, lib. VIII, cap. V, p. 676 et suiv.; édit. de Kühn. Leipsick, 1821. — Cap. IX, p. 696 et 697; édit. cit. — *Id.* cap. VI et VIII.

(4) *Historia anatom. hum. corp. et singul. ejus part.* Trad. en français par Théophile Gelée. Paris, 1639. *Passim.*

(5) *De morbis nervorum*, in-12, 1761, t. II, p. 695 et 696.

(6) *Philosophie zoologique*, t. II, p. 260 et suiv., 1809.

extrême finesse qui, *sans se diviser ni s'anastomoser*, vont se rendre au foyer des sensations; quant aux nerfs qui sont destinés au mouvement musculaire, *ils partent vraisemblablement d'un autre foyer*, et constituent, dans le système nerveux, un système particulier distinct de celui des sensations, comme ce dernier l'est du système qui sert aux actes de l'entendement. »

Ces idées théoriques de Lamarck sont devenues les principes de la doctrine de Ch. Bell, doctrine dont la clef se trouve en effet dans ces deux propositions, calquées sur celles qui précèdent : 1° les nerfs à fonctions différentes émergent de foyers distincts, soit dans la moelle épinière, soit dans l'encéphale; 2° chaque filet nerveux possède une propriété particulière, indépendante de celle des autres filets voisins, et il la conserve dans tout son trajet.

Dans le passage rapporté plus haut, bien évidemment Boerhaave n'a pas voulu désigner les deux ordres de racines spinales, mais seulement les filets nerveux primitifs appartenant *indifféremment* aux racines antérieures et postérieures. Alex. Walker (1) est le premier physiologiste qui ait eu l'ingénieuse pensée d'attribuer des fonctions distinctes à ces deux sortes de racines. Mais, ne s'appuyant sur aucune donnée expérimentale ou pathologique, il s'est mépris sur les usages propres à chacune d'elles : suivant lui, les racines antérieures des nerfs rachidiens et les colonnes antérieures de la moelle transmettent les impressions, tandis que les racines et les colonnes postérieures conduisent le principe des mouvements. On verra tout à l'heure que, comme Ch. Bell a tenté de le démontrer dès 1811, c'est le contraire qui est la vérité (2).

A Ch. Bell commence une ère nouvelle et féconde pour l'étude du système nerveux.

La distinction entre les nerfs moteurs et les nerfs sensitifs, fondée d'abord par cet auteur sur la différence des foyers d'émergence, puis confirmée par l'expérimentation et la pathologie, est la plus belle découverte physiologique des temps modernes. Mais, comme toute vérité d'un ordre supérieur, celle-ci n'a atteint son développement qu'à l'aide d'efforts lents et successifs, et Ch. Bell lui-même n'est point parvenu à établir tous les points de sa doctrine sur des preuves suffisantes.

Ce physiologiste a le mérite éminent d'avoir institué, le premier, des expériences sur les racines des nerfs spinaux et sur les faisceaux de la moelle épinière, dans l'idée d'y découvrir le siége distinct de la sensibilité et de la motricité. Il nous apprend « qu'ayant fendu le canal de l'épine sur un lapin récemment mort, il trouva que l'excitation de la partie antérieure de la moelle cause des contractions musculaires *beaucoup plus constamment* que l'excitation de sa partie postérieure; qu'après avoir mis à nu les racines des nerfs spinaux, il coupa les racines postérieures sans déterminer de contractions, tandis qu'en excitant, avec la pointe d'un scalpel, les racines antérieures, les muscles entrèrent immédiatement en convulsion. »

Ces expériences parurent démontrer à Ch. Bell que les racines antérieures des nerfs de l'épine et la colonne antérieure de la moelle ont sur le système musculaire une influence propre à laquelle sont étrangères les racines postérieures. « C'est alors, ajoute-t-il, que je compris le but de la double connexion d'un nerf

(1) *Archives of universal science*, t. III, p. 172, juillet 1809.

(2) *An idea of a new anatomy of the Brain*, London, 1811. — Dans *narrative of the discoveries of sir Charles Bell, in the nervous system*, by Alex. Shaw. London, 1839, p. 30 et suiv. — Consultez aussi : *Exposition du système naturel des nerfs*, par Ch. Bell. Trad. franç. de Genest. Paris, 1825.

rachidien avec la moelle, et que tout nerf exerçant une double influence (sur le mouvement et la sensibilité) devait ce privilége à deux racines. »

Nous considérons ces expériences de 1811, faites *sur les racines spinales* à l'aide des irritants mécaniques, comme très probantes : le même procédé a été mis en usage, avec les mêmes résultats, par nous-même sur un grand nombre d'animaux différents. Ne sait-on pas, en effet, que les nerfs moteurs seulement, comme l'hypoglosse, le facial, le moteur oculaire commun, etc., séparés de l'encéphale et irrités mécaniquement, peuvent susciter des contractions; tandis que l'irritation mécanique des nerfs de sensibilité, également isolés, comme les branches de la portion ganglionnaire du trijumeau, par exemple, ne donne lieu à aucune oscillation de la fibre musculaire? Ch. Bell a donc eu raison de conclure de ce fait expérimental très simple que les racines antérieures exercent sur la contraction du système musculaire une influence directe à laquelle sont étrangères les racines postérieures; il confirme d'ailleurs son induction par une autre expérience dans laquelle, après la section des seules racines postérieures *sur un lapin vivant*, les muscles conservèrent entièrement leur myotilité. « Après cette section, dit-il, la douleur accompagnant l'opération nous empêcha de juger du degré de sensibilité de la partie où se distribuaient ces racines. » On voit que, sans l'avoir démontré d'une manière absolue, Ch. Bell soupçonne que le rôle des racines postérieures est relatif à la sensibilité.

Quant aux résultats que cet auteur a obtenus de ses expériences sur la moelle épinière, ils ne peuvent servir à avancer la solution du problème qui nous occupe, puisqu'il avoue lui-même avoir provoqué des contractions musculaires en excitant les cordons médullaires postérieur et antérieur sur l'animal mort, et même n'avoir jamais été sûr de léser isolément l'un ou l'autre.

Depuis que Ch. Bell avait fait connaître les expériences précédentes, dix années s'étaient écoulées, pendant lesquelles il avait professé publiquement ses nouvelles idées sur le système nerveux, quand John Shaw, son élève et son parent, vint à Paris vers la fin de l'année 1821. Il répéta, à l'école d'Alfort, en présence de Magendie, Dupuy et Spurzheim, les expériences récentes de Ch. Bell sur les nerfs de la face. Ce fut après cette entrevue avec Shaw, que Magendie (1) rendit compte des recherches de Ch. Bell sur les nerfs de la face et sur les nerfs respiratoires, tout en faisant aussi allusion aux recherches de ce physiologiste sur les nerfs de l'épine.

Au mois d'avril 1822, John Shaw publia une dissertation (2) dans laquelle il insista d'une manière toute spéciale sur les résultats que Ch. Bell avait constatés, en 1811, sur les racines des nerfs rachidiens.

C'est au mois d'août 1822 que Magendie publia ses propres recherches. Ce physiologiste ignorait-il les idées et les expériences de Ch. Bell sur le même sujet, quand il disait (3), en décembre 1821 : « Ch. Bell a entrepris de faire voir que les nerfs ont des fonctions différentes, suivant qu'ils naissent de telle ou telle partie du cerveau ou *de la moelle épinière?* »

Quoi qu'il en soit, le doute de Magendie, relativement aux attributions distinctes des deux ordres de racines spinales, et à celles des divers faisceaux de la moelle,

(1) *Journ. de physiol. expériment.*, t. I, n° de décembre 1821.

(2) *On partial paralysis.* — Dans *Transact. med.-chirurg.* de Londres, avril 1822.

(3) *Journ. de physiol. expériment.*, t. I, p. 385.

doit être grand encore, à en juger d'après les assertions contradictoires qu'il a émises :

« Les signes de sensibilité, dit-il en 1822 (1), sont *à peine visibles* dans les racines antérieures; » en 1839 (2), « les racines antérieures sont *très sensibles.* »

En 1823 (3), les indices de sensibilité sont *à peine visibles* dans les faisceaux antérieurs de la moelle; en 1839 (4), ces mêmes faisceaux ont « *une sensibilité très manifeste.* »

En 1822 (5), les racines postérieures paraissent plus *particulièrement* destinées à la sensibilité, tandis que les antérieures semblent plus *spécialement* liées avec le mouvement. » Puis, pour prouver que les racines *antérieures* ne sont point, en effet, étrangères à la transmission des impressions, Magendie cite une observation de Rullier (6), dans laquelle il fait servir ces mêmes racines à l'entretien de la sensibilité; il ajoute (7) ailleurs « que le sentiment n'est pas *exclusivement* dans les racines postérieures, *non plus que le mouvement dans les antérieures.* » Ainsi, en d'autres termes, en 1822, les racines antérieures servent à la fois à la sensibilité et au mouvement; il en est de même des racines postérieures. Mais, en 1839 (8), « la section des racines antérieures abolit *tout* mouvement; la section des racines postérieures abolit *toute* sensibilité. »

En 1823 (9), le faisceau postérieur de la moelle préside *plutôt* à la sensibilité, *tout en influençant le mouvement;* et la preuve, « c'est que pour peu qu'on touche aux cordons postérieurs, on obtient des signes d'une vive douleur *et des contractions très prononcées dans les muscles qui reçoivent leurs nerfs inférieurement à l'endroit touché.* » Quant au faisceau antérieur, il préside *plutôt* au mouvement. En 1839 (10), ces *à peu près* subsistent avec une erreur de plus; je veux parler de la supposition que la sensibilité émanée du faisceau postérieur est en partie transmise à l'antérieur par l'intermédiaire des deux racines (11). Cette erreur n'a d'ailleurs été embrassée par aucun autre physiologiste, si ce n'est par Van Deen (12).

Il importe de faire observer qu'à ces époques différentes, Magendie a toujours expérimenté sur la même espèce animale (*chiens*).

Nous avons cru devoir faire ressortir les contradictions précédentes, pour prouver que, malgré les travaux de physiologistes habiles, la science était loin d'être fixée, en 1839, sur la question dont il s'agit, quand nous-même entreprîmes une série nombreuse d'expériences sur les faisceaux de la moelle épinière et les racines des nerfs spinaux : les résultats de ces expériences seront exposés plus loin.

(1) *Journ. de physiol. expériment.*, t. II, p. 368.
(2) *Leçons sur les fonctions et les maladies du système nerveux*, par Magendie, 1839, t. II, p. 343.
(3) *Journ. de physiol.*, 1823, t. III, p. 154.
(4) *Leçons sur les fonctions*, etc., t. II, p. 153.
(5) *Journ. de physiol.*, t. II, p. 279.
(6) *Ibid.*, t. III, p. 188.
(7) *Ibid.*, t. II, p. 368.
(8) *Leçons sur les fonctions*, etc., t. II, p. 73.
(9) *Journ. de physiol.*, t. III, p. 154.
(10) *Leçons sur les fonct.*, etc. t. II, p. 153 et suiv.
(11) Pour plus de développement, *voyez* notre Mémoire intitulé : *Recherches expérimentales et pathologiques sur les fonctions des faisceaux de la moelle épinière et des racines des nerfs rachidiens*, précédées d'un examen historique et critique des expériences faites sur ces organes depuis Ch. Bell. (Communiqué à l'Acad. des sc., en 1840, et inséré dans les *Arch. gén. de méd.*, nº de mars 1841.
(12) *Traités et décour. sur la physiol. de la moelle épin.* Trad. du holland. Leyde, 1841; in 8.

Les recherches de Béclard et Descot (1), d'Herbert-Mayo (2), de Fodéra (3), de Bellingeri (4), de Schœps (5), de Rolando (6) et de M. Calmeil (7), faites de 1822 à 1828, ne produisirent que des résultats équivoques (voy. notre mém. cit.).

Bellingeri seul, parmi ces auteurs, émit quelques idées nouvelles sur les usages des racines spinales et des faisceaux de la moelle. Selon lui, les racines postérieures seraient non seulement destinées à la sensibilité, mais elles influenceraient encore la contraction des muscles extenseurs ; quant aux racines antérieures, elles présideraient uniquement à la contraction des muscles fléchisseurs. Nous n'avons jamais réussi, pas plus que d'autres expérimentateurs, à reproduire, chez les animaux, les résultats sur lesquels s'est fondé ce physiologiste pour soutenir son opinion. Si réellement, comme il l'affirme, les racines postérieures présidaient aux mouvements d'extension, et les racines antérieures à ceux de flexion, nous aurions dû provoquer la contraction des muscles extenseurs en galvanisant les premières, et celle des fléchisseurs seulement en appliquant le galvanisme aux secondes (8) : la vérité est qu'on n'observe aucun mouvement, dans le premier cas, et que, dans le second, on suscite la réaction aussi bien des muscles extenseurs que des muscles fléchisseurs.

C'est seulement à propos de l'étude spéciale des fonctions de la moelle, et après avoir exposé d'une manière complète les vues de Bellingeri, que nous examinerons la valeur de ses assertions relativement aux usages qu'il attribue aux faisceaux antérieur, latéral et postérieur, ainsi qu'à la substance grise de la moelle épinière.

Backer (9), après la section des faisceaux postérieurs, a vu survenir la paralysie du mouvement dans les membres pelviens, quoique les faisceaux antérieurs fussent demeurés intacts. Toutefois, au lieu de conclure que les faisceaux postérieurs de la moelle président au mouvement aussi bien que les antérieurs, le physiologiste hollandais s'explique un pareil résultat par la pression qu'il a dû exercer sur ceux-ci en coupant les premiers ; et il essaie de confirmer son assertion en ajoutant que toute possibilité de mouvement n'avait point disparu, puisqu'après l'administration de la strychnine, des spasmes violents s'emparaient de tout le corps de l'animal, ce qui n'avait point lieu quand les faisceaux antérieurs seuls avaient été divisés.

J. Muller (10), dont les recherches expérimentales se sont bornées exclusive-

(1) *Dissertation sur les affections locales des nerfs*, par Descot, 28 août 1822, n° 233, p. 11.

(2) *Anatomical and physiological commentaries*. London, 1823.

(3) *Journ. de physiol. expérim.*, t. III, p. 197 et suiv., 1823. *Journ. compl. du Dictionn. des sc. médic.*, t. XXVI, p. 104, 1826.

(4) *De medulla spinali nervisque ex eâ prodeuntibus*, etc. Turin, 1823.

(5) *Arch. de Meckel*, 1827. — *Journ. compl. du Dictionn. des sc. médic.*, t. XXX, p. 114 et suiv., avril 1828.

(6) *Sperimenti sui fascicoli del midollo spinale*. Torino, 1828. — *Journ. compl. du Dictionn. des sc. médic.*, t. XXX, p. 159 et 204, avril et mai 1828.

(7) *Rech. sur la struct., les fonct. et le ramollissement de la moelle épinière*, dans *Journ. des progrès*, p. 77, 1828.

(8) Il s'agit ici de l'application du galvanisme aux *bouts périphériques* des racines préalablement divisées.

(9) *Commentatio ad quæstionem physiologicam ab Academiâ Rheno-Trajectinâ, anno 1828, propositam*. Utrecht, 1830.

(10) *Nouv. expér. sur l'effet que produit l'irritation mécanique et galvanique sur les racines des nerfs spinaux*, dans *Annales des sc. nat.*, t. XXII, p. 95, 1831 ; — dans *Physiol. du syst. nerv.*; trad. de Jourdan, t. I, p. 85 et suiv.; — et dans *Manuel de physiol.*, t. I, p. 559 ; trad. du même. Paris, 1845.

ment aux racines des nerfs spinaux, s'élève contre le choix d'animaux supérieurs, quand il s'agit de démontrer les différences fonctionnelles des deux ordres de racines : « L'animal, dit-il, périt *infailliblement* avant qu'on ait eu le temps d'arriver à des résultats convaincants. » Ce physiologiste préfère les grenouilles, sur lesquelles il emploie en partie le même mode d'expérimentation que, dès 1811, Ch. Bell avait mis en usage sur des lapins. En effet, Muller irrite mécaniquement les racines postérieures, d'abord séparées de la moelle, et, comme Ch. Bell, il n'obtient aucune contraction; tandis qu'à l'exemple du physiologiste anglais, il observe des secousses convulsives en irritant les bouts libres des racines antérieures préalablement divisées. Muller fait de plus observer que, « sur les grenouilles, tant que les deux ordres de racines tiennent encore à la moelle épinière, on peut faire naître des convulsions dans les membres de derrière en soulevant les racines postérieures, attendu que, par là, on exerce des tiraillements sur la moelle elle-même. Mais ces convulsions ne sont pas le fait des racines postérieures; elles dépendent de la moelle épinière, dont l'excitation se transmet aux muscles par les racines antérieures ou motrices. Aussi, quand on a préalablement coupé les racines antérieures, peut-on irriter la moelle ou les racines postérieures encore unies avec elles, sans qu'il se manifeste le moindre vestige de mouvements convulsifs. »

Muller a confirmé les résultats obtenus par Ch. Bell et lui-même à l'aide de simples irritants mécaniques, par d'autres expériences exécutées avec le galvanisme. Les effets ont été absolument identiques, c'est-à-dire que les deux sortes de racines étant d'abord détachées de la moelle, l'irritation galvanique des racines antérieures a donné lieu à des secousses convulsives, qui n'ont point éclaté lors de l'irritation des postérieures.

« Que l'on coupe sur une même grenouille, ajoute Muller, du côté gauche, les trois racines postérieures, et, du côté droit, les trois racines antérieures des nerfs destinés aux pattes de derrière, on trouve que le sentiment est aboli dans la patte gauche et le mouvement dans la patte droite (1). »

Nous sommes loin de partager le sentiment de ce physiologiste, quand il avance que « les animaux supérieurs périssent *infailliblement* avant qu'on ait eu le temps d'arriver à des résultats convaincants. » En effet, sur un nombre considérable de chiens, nous avons toujours vu la vie persister plusieurs heures, même après l'exécution des expériences les plus décisives sur les racines.

Ajoutons qu'avant nous, Seubert (2) et Valentin (3) ayant expérimenté sur des lapins, de jeunes chats, des chiens et des chèvres, disent avoir obtenu, même de la section des racines, des effets assez probants. Panizza (4) surtout affirme avoir aussi constaté sur des chevreaux, à l'aide du *procédé par section*, les résultats les plus nets. Ainsi, 1° afin de prouver que toute sensibilité est abolie dans un membre abdominal, après qu'on a coupé toutes les racines postérieures qui s'y distribuent, Panizza enfonce profondément jusqu'aux os un instrument dans ce membre, sans indice de la moindre douleur, tandis qu'une piqûre faite sur l'autre, met l'animal dans une vive agitation; 2° après la section des racines antérieures

(1) Ces expériences de Muller, sur les grenouilles, ont été reproduites avec les mêmes résultats, *à peu près*, par Retzius, Stannius, Panizza, Henle, Mayer, Steinrück, Valentin, etc., et par nous-même.

(2) *Commentatio de functionibus radicum anteriorum et posteriorum nervorum spinalium.* Badæ, 1833.

(3) *De funct. nervor. cerebral. et nervi sympath.*, p. 2. Bernæ, 1839.

(4) *Ricerche sperimentali sopra i nervi.* Pavie, 1834.

d'un membre pelvien, le même expérimentateur a vu le chevreau, mis à terre et abandonné à lui-même, tomber sur le côté correspondant; s'il piquait ce membre, dont les muscles ne donnaient plus aucun signe de contraction volontaire, l'animal s'agitait pour se relever, sans qu'il lui fût possible de s'en servir.

Mais, dans les précédentes recherches, J. Muller, Panizza et Valentin n'ont tenté aucune expérience sur les faisceaux de la moelle épinière : quant à Seubert (1), il avoue lui-même que ses tentatives ne lui ont fourni que des résultats équivoques.

L'état douteux de la science, relativement à l'une des questions fondamentales de la physiologie, était tel, qu'en 1840 J. Muller pouvait dire avec beaucoup de raison : « *L'hypothèse de Ch. Bell sur les cordons antérieur et postérieur de la moelle n'a pour elle aucune preuve satisfaisante, ni expérimentale, ni pathologique* (2). » Pareille opinion fut maintenue, la même année, au sein de l'Académie de médecine (3), dans une discussion célèbre sur ce point de physiologie, qui ne pouvait être regardé comme suffisamment établi que par ceux qui l'avaient examiné superficiellement.

Dans un travail basé sur un grand nombre d'expériences et d'observations pathologiques (4), je me suis efforcé de lever tous les doutes sur le siége distinct de la sensibilité et de la motricité dans la moelle épinière.

Comme tous les expérimentateurs, ayant constaté l'exquise sensibilité des faisceaux médullaires postérieurs, mais, de plus, ayant donné la démonstration expérimentale de la *complète insensibilité* des antérieurs, j'ai d'abord fait connaître le caractère différentiel le plus tranché entre les propriétés de ces deux faisceaux.

Afin de découvrir un caractère différentiel aussi prononcé entre les fonctions de ces mêmes parties, j'eus recours à l'électricité, qu'on n'avait point encore employée, dans les conditions suivantes :

Ayant fait choix d'animaux supérieurs (chiens adultes), je mis à nu la portion lombaire de la moelle, et la coupai transversalement au niveau de la dernière vertèbre dorsale, de manière à avoir deux segments, l'un *caudal*, l'autre *céphalique;* puis, après avoir attendu un temps suffisant pour que les effets d'*action réflexe de la moelle* eussent disparu (et ils disparaissent rapidement chez les animaux supérieurs adultes), j'appliquai successivement et comparativement les deux pôles d'une pile modérément forte aux faisceaux postérieurs et aux antérieurs du bout caudal de la moelle.

Dans le premier cas, les résultats furent toujours négatifs, c'est-à-dire qu'aucune secousse convulsive ne se manifesta dans le train postérieur de l'animal, tandis que, dans le second, des contractions musculaires énergiques s'y montrèrent d'une manière constante.

La stimulation électrique des faisceaux *latéraux* de la moelle (ceux qui sont compris entre les deux ordres de racines) donna lieu à des contractions musculaires sensiblement moindres, dans les membres abdominaux, que celles obtenues par l'excitation des faisceaux *antérieurs;* d'où la probabilité qu'ils pourraient bien

(1) *Commentatio de functionibus radicum anteriorum et posteriorum nervorum spinalium.* Badæ, 1833.

(2) *Physiol. du syst. nerv.*; trad. de Jourdan, t. I, p. 354.

(3) Voir les *Bulletins de l'Acad. roy. de méd.*, an. 1840.

(4) *Recherches expérimentales et pathologiques sur les propriétés et les fonctions des faisceaux de la moelle épinière et des racines des nerfs rachidiens ; précédées d'un examen historique et critique des expériences faites sur ces organes depuis* Ch. Bell (Mémoire couronné par l'Académie des sciences, et inséré dans les *Archives générales de médecine*, mars 1841).

avoir des usages autres que ces derniers. Du reste, ces faisceaux latéraux, dont les fonctions seront discutées seulement à propos de l'étude physiologique de la moelle, se sont toujours montrés, comme les antérieurs, complétement insensibles aux irritants mécaniques.

Ces expériences, si souvent reproduites, dont on trouvera tous les détails dans le mémoire précédent et dans notre traité d'anatomie et de physiologie du système nerveux, révèlent donc, entre les cordons médullaires, des différences fonctionnelles aussi incontestables que celles qui existent entre les deux ordres de racines des nerfs spinaux.

Dans un mémoire plus récent (1), qui m'est commun avec mon ami le professeur Matteucci, et qui sera analysé en parlant de l'action de l'électricité sur le système nerveux en général, on trouvera de nouveaux arguments en faveur de la distinction qui vient d'être établie. Nous avons reconnu, en variant le sens du courant électrique, que l'influence de ce courant diffère totalement, dans ses effets, quand elle s'exerce sur des nerfs exclusivement moteurs (*racines spinales antérieures*), ou sur des nerfs mixtes (*nerf sciatique*, etc.), dont l'action est à la fois centrifuge et centripète. Ainsi, à un moment déterminé, les premiers excitent les contractions musculaires seulement au commencement du *courant inverse* et à l'interruption du *courant direct*, tandis que les seconds ne les font apparaître qu'au commencement du courant direct, et à l'interruption du courant inverse.

Ayant constaté, en outre, que les faisceaux blancs antérieurs de la moelle, soumis aux courants direct et inverse, réagissent, pour le moment où éclatent les contractions, à la manière des nerfs simplement moteurs (*racines spinales antérieures*), et non des nerfs mixtes, nous avons contribué, par ces expériences nouvelles, à démontrer, d'une manière encore plus rigoureuse, la mission exclusivement motrice ou centrifuge des faisceaux antérieurs.

Quant aux deux ordres de racines spinales, en reconnaissant, comme les autres expérimentateurs, la vive sensibilité des racines postérieures, mais de plus en donnant la démonstration expérimentale de la *complète insensibilité* des antérieures chez des animaux élevés dans l'échelle (chiens adultes), j'ai mis au jour un caractère différentiel, entre ces deux ordres de racines, aussi tranché que celui qu'on obtient de l'emploi de l'agent électrique (2).

On a vu plus haut que J. Muller avait constaté, sur des grenouilles, que, si cet agent appliqué aux bouts périphériques des racines antérieures suscite les contractions musculaires les plus manifestes, il n'en est pas de même quand on l'applique aux bouts périphériques des racines postérieures, c'est-à-dire que jamais, dans ce cas, on ne voit éclater le plus léger mouvement local. Mais, de l'aveu du physiologiste allemand, ni lui ni d'autres expérimentateurs n'étaient arrivés à reproduire des résultats aussi décisifs sur des animaux moins éloignés de notre espèce, « *et peut-être*, ajoute-t-il, *ne pourra-t-on jamais les obtenir chez les animaux des classes élevées.* »

Or, c'est à lever ce dernier doute qu'ont tendu mes expériences, qui reproduisent, avec un plein succès, chez des mammifères supérieurs (chiens adultes),

(1) *Sur la relation qui existe entre le sens du courant électrique et les contractions musculaires dues à ce courant.* — Dans *Ann. de chimie et de physique*, 1844, et dans *Ann. médico-psychologiques*, même année, journ. réd. par Baillarger, Cerise et Longet.

(2) Pour qu'on ne fût pas en droit d'objecter que les douleurs de l'opération préalable auraient pu masquer la sensibilité *normale* des racines antérieures, j'ai pris la précaution, dans un très grand nombre d'expériences, de n'agir sur ces racines qu'après avoir laissé reposer les animaux pendant une ou plusieurs heures.

des effets que jusqu'alors on n'avait pu encore observer que sur des grenouilles : le reproche tant de fois adressé, par les adversaires de Ch. Bell, aux expériences exécutées sur des animaux trop inférieurs, n'est donc plus admissible.

La portion lombaire du rachis étant ouverte avec les précautions convenables, il m'est facile, sans inciser d'abord la dure-mère, de distinguer les deux sortes de racines dont j'opère la section transversale : ces deux racines étant écartées l'une de l'autre jusqu'au ganglion qui existe sur la postérieure, une languette de taffetas verni reçoit celle qui doit être galvanisée.

Constamment l'application des deux pôles d'une pile assez faible, à l'extrémité libre d'une racine antérieure, a fait naître des contractions limitées aux muscles qui en recevaient des rameaux ; mais jamais la moindre secousse convulsive n'a été observée, en appliquant le même mode d'irritation au bout libre d'une racine postérieure.

Toutefois, pour qu'une semblable expérience réussisse, il faut bien isoler les deux racines, éloigner suffisamment du ganglion intervertébral les extrémités des réophores, et surtout ne pas faire usage d'une pile trop forte; sans quoi, la stimulation galvanique pourrait se transmettre de la racine postérieure à l'antérieure, d'où des contractions quand on agirait sur l'une ou sur l'autre.

Après avoir divisé les deux ordres de racines, j'ai appliqué les deux pôles de la pile à l'*extrémité adhérente* d'une racine antérieure, sans qu'aucun mouvement se manifestât, soit dans le tronc, soit dans le train antérieur des animaux; on se souvient, au contraire, des secousses convulsives obtenues en galvanisant *son extrémité libre*. Cela démontre que la force nerveuse motrice, mise en action par le galvanisme, est toujours centrifuge et jamais centripète. Si j'agissais de la même manière sur l'extrémité adhérente d'une racine postérieure, toutes les parties du corps étaient immédiatement en proie aux plus vives convulsions dues à une extrême douleur; les effets négatifs que donne l'excitation galvanique avec l'autre extrémité ont déjà fixé notre attention.

J'ai dit que j'avais constamment, dans leur état d'intégrité, trouvé les racines antérieures *complétement insensibles* aux irritations mécaniques de toutes sortes : qu'au contraire, les racines postérieures s'y étaient toujours montrées extrêmement sensibles. Mais chez le chien, comme chez l'homme, j'ai rencontré assez fréquemment, pour un nerf lombaire ou sacré, trois cordons originels distincts marchant parallèlement dans le canal rachidien : deux appartenaient à la racine postérieure, et le troisième à l'antérieure. Ce fait me semble d'autant plus grave à noter, qu'en croyant pincer le cordon de cette dernière, on pourrait saisir celui des deux cordons de la racine postérieure qui est le plus en avant, et alors on ne manquerait pas d'y trouver une très vive sensibilité. Il importe donc de se garantir de cette cause d'erreur qui n'avait point encore été signalée, et qui explique, sans doute, pourquoi on a cru (1) avoir trouvé les racines antérieures très sensibles.

Les résultats des expériences précédentes ont été si nets, si constants, ils ont été reproduits un si grand nombre de fois dans nos cours de vivisections, que nous n'hésitons pas à admettre, comme une vérité irrévocablement établie qu'il existe un siége distinct pour la sensibilité et la motricité dans la moelle épinière et les racines spinales.

(1) *Leçons sur les fonct. et les mal. du syst. nerv.*, par Magendie, t. II, p. 343.

Ainsi, 1° les racines antérieures et les faisceaux médullaires antérieurs, qui sont *insensibles* aux irritants mécaniques, suscitent des contractions par l'action du galvanisme appliqué à leurs bouts libres : ces parties insensibles du système nerveux sont exclusivement en rapport avec le mouvement.

2° Les racines postérieures et les faisceaux correspondants de la moelle, qui, mécaniquement excités, sont *très sensibles*, ne déterminent aucune contraction musculaire si, avec certaines précautions, on fait agir le galvanisme sur leurs extrémités libres : les fonctions de ces racines et de ces faisceaux sont exclusivement relatives à l'exercice de la sensibilité.

Enfin, il y aura toute satisfaction pour l'esprit, quand on saura que la pathologie et la physiologie expérimentale se prêtent un mutuel appui pour la démonstration de ces vérités importantes (1).

Division physiologique du système nerveux des animaux invertébrés.

S'il est incontestable que, dans la moelle épinière et les racines spinales des animaux vertébrés, les appareils nerveux de la sensibilité soient distincts de ceux de la motricité, une question s'offre naturellement à tout esprit philosophique ; c'est celle de savoir si la nature maintient une pareille distinction dans les animaux des classes inférieures, doués des facultés de sentir et de se mouvoir.

Mais avant d'essayer de résoudre, à l'aide de l'expérimentation, une question aussi intéressante, il importerait de discuter celle de la *signification* à donner au système nerveux des animaux sans vertèbres : nous étant déjà livré à cette discussion, dans un autre ouvrage (2), nous croyons devoir seulement rappeler ici qu'Ackerman (3), Reil (4), Bichat (5), etc., prétendent que le système nerveux des invertébrés correspond au grand sympathique des vertébrés ; que Scarpa (6), Blumenbach (7), Cuvier (8), Gall (9), etc., rejettent toute idée d'analogie entre ces deux systèmes, et n'hésitent point à faire spécialement de la chaîne ganglionnaire des *articulés* l'analogue de l'appareil cérébro-spinal des animaux supérieurs ; que selon Meckel (10), Walther (11), Dugès (12) et Leuret (13), etc., le système nerveux des invertébrés n'est pas seulement l'analogue du système cérébro-

(1) Voir, pour la relation critique des faits pathologiques, notre Mémoire cité plus haut et le t. I de notre ouvrage sur l'*Anatomie et la physiologie du système nerveux*, p. 319 et suiv.

Nota. Depuis la publication de nos expériences, Van Deen, Kuerschner, Budge et Stilling ont fait connaître les résultats de leurs propres recherches sur le même sujet. Plusieurs de ces expérimentateurs font jouer à la substance grise de la moelle, dans l'exercice de la sensibilité et de la motricité, un rôle que nous ne saurions admettre ; mais l'examen de leurs opinions et de celles qui ont été proposées sur les usages des faisceaux blancs latéraux trouvera plus naturellement sa place, quand nous nous occuperons spécialement de l'étude des fonctions de la moelle épinière.

(2) *Ouv. cit.*, t. II, p. 650.

(3) *De nervosi systematis primordiis commentatio.* Heidelberg, 1813.

(4) *Reil's und Autenrieth's Arch.* B. VII, p. 190.

(5) *Anat. génér.*, t. I, p. 243. Paris, 1812.

(6) *Annot. anatom.*, lib. I, *de nervum gangliis anat.*, in-4°, p. 38. Pavie, 1784.

(7) *Handbuch der vergleichenden Anat.*, p. 315. Gœttingue, 1805.

(8) *Leçons d'anatom. comp.*, t. II, p. 299 et suiv. Paris, an VIII ; et Mém. pour servir à l'histoire et à l'anatom. des mollusques. Paris, 1817.

(9) *Anatom. et physiol. du syst. nerv.*, in-4°, t. I, p. 109. Paris, 1810.

(10) *Handbuch der menschliden Anat.*, t. I, p. 341. Halle, 1815 ; et Meckel's *Arch.*, t. I, p. 11, 1815.

(11) *Walther's Physiol.*, t. II, § 563.

(12) *Physiol. comp.*, t. I, p. 79 et 81. Montpellier, 1838.

(13) *Anat. comp. du syst. nerv., considéré dans ses rapports avec l'intelligence*, t. I, p. 46. Paris, 1839.

spinal, mais qu'il tient, par ses usages et sa structure, à la fois du système céré-bro-spinal et du grand sympathique des vertébrés ; que, d'après Weber (1), e Serres (2), il faudrait assimiler les ganglions des animaux sans vertèbres au ganglions que l'on rencontre sur certains nerfs cérébro-rachidiens (*racines spi-nales postérieures*, *trijumeau*, etc.) des animaux supérieurs; qu'enfin, pou Tréviranus (3), les renflements ganglionnaires des invertébrés représentent no seulement ces derniers ganglions, mais encore la moelle épinière.

C'est l'opinion de ceux qui assimilent l'appareil nerveux des invertébrés à la foi au système cérébro-spinal et au grand sympathique des animaux supérieurs, que selon nous, il faut embrasser comme la seule vraie et la seule qui s'appuie d'argu-ments plausibles.

On sait qu'il existe, d'une manière évidente, chez beaucoup d'invertébrés indépendamment de la chaîne ganglionnaire principale, un second appareil ner-veux, destiné exclusivement aux organes de la vie végétative et offrant aussi su son trajet plusieurs petits ganglions. Découvert, chez les insectes, par Swammer-dam (4), décrit avec plus de détails par Lyonnet (5), Meckel (6), Brandt (7), etc signalé pour la première fois, chez les crustacées, par Milne Edwards et Au-douin (8), cet appareil est, en partie, connu sous le nom de *nerf récurrent*. So analogie avec le grand sympathique, déjà signalée par Meckel et Tréviranus, été surtout mise hors de doute par Muller (9). « Le nerf indiqué par Lyonnet dit-il, n'est que l'expression la plus simple d'un système nerveux spécial, do les formes complexes ont été étudiées par moi chez les insectes de presque to les ordres. Dans son état d'entier développement, il naît du cerveau par d racines déliées, et, marchant le long de la face dorsale de l'œsophage, entre conduit et le cœur, il va gagner l'estomac, où il produit un plexus particulie qui tire son origine d'un ganglion assez volumineux. Sous cette forme sa part stomacale ou centrale est toujours plus forte que sa partie supérieure, qui tie au cerveau par des filets émanés de renflements plus petits. Du reste, le tronc q court à la surface du canal intestinal offre certaines diversités: tantôt il est sim et impair en se rendant à l'estomac, où il forme son ganglion et son plexus, comi chez les Dytiques et autres; tantôt il est double, comme par exemple chez l taupes-grillons. »

L'étude du système nerveux des appareils de la vie organique, chez les anima articulés, a été reprise tout récemment, avec une grande habileté, par E. Bla-chard (10), qui a démontré que, dans ce système spécial, il n'y avait pas seuleme des ganglions et des nerfs pour le tube digestif (*nerf récurrent de Swammerdan*

(1) *Anatom. comp. nervi sympathici*, p. 95. Lipsiæ, 1817.

(2) *Anatom. comp. du cerveau*, t. I, p. 254, 400 et 508 ; t. II, p. 45. Paris, 1827.

(3) *Journ. compl. des sc. médic.*, t. XVIII, p. 250.

(4) *Historia insect. in certas classes redacta, nec non exemplis et anatomico variorum a malculorum examine*, etc. Leyde, 1737 et 1738.

(5) *Traité anatomique de la chenille qui ronge le bois du saule*, in-4°, chap. VI. La Ha 1740.

(6) *Op. cit.*

(7) *Mém. de l'Acad. des sc. de St.-Pétersbourg*, 3. — *Annales des sc. nat.*, 2e série, t. p. 81, 1836.

(8) *Mém. sur le syst. nerv. des crustacés* (*Ann. des scien. natur.*, 1re série, t. XIV, p. 7

(9) *Ueber ein eigenthümliches dem nervus sympathicus analoges Nervensystem der En weide bei den Insecten; in nov. act. phys. med. Nat. Curios.*, t. XIV, p. 71, 1828.

(10) *Recherches anatomiques et zoologiques sur le système nerveux des animaux sans v tèbres*, dans *Annales des sc. nat.* 3e série, *Zool.*, t. V, p. 273, 1846.

mais encore des nerfs et des ganglions particuliers pour le vaisseau dorsal et pour les trachées.

Si l'on ne peut douter que l'appareil nerveux précédent corresponde au grand sympathique, il n'est pas non plus permis de se refuser, d'après les faits qui suivent, à reconnaître une analogie manifeste entre la chaîne ganglionnaire des articulés (les ganglions céphaliques ou cérébroïdes exceptés) et la moelle épinière des animaux appartenant aux classes supérieures.

L'idée lumineuse d'appliquer sa doctrine au système nerveux des animaux invertébrés, ne s'offrit que fort tard à l'esprit de Ch. Bell. C'est seulement en 1833 qu'il la communiqua à G. Newport (1), en l'engageant à faire un examen anatomique plus approfondi de la chaîne ganglionnaire des animaux articulés, dans le but de vérifier si, comme la moelle des vertébrés, cette chaîne n'offrirait pas un cordon pour la sensibilité et un autre pour le mouvement.

Après plusieurs dissections minutieuses, Newport parvint à démontrer distinctement, sur l'*astacus marinus*, l'existence des faisceaux séparés que la théorie avait fait prévoir. Cet anatomiste prouva, en effet, que l'axe nerveux dans l'*astacus marinus* consiste, de chaque côté, en deux cordons longitudinaux et superposés, comme les faisceaux moteur et sensitif de la moelle épinière des vertébrés. C'est seulement sur le trajet de l'*inférieur* que l'on trouve des ganglions, au-dessus desquels le *supérieur* ne fait que passer. Enfin, Newport avance que, parmi les filets originels des nerfs, les uns se continuent avec le cordon muni de ganglions, tandis que les autres proviennent de celui qui en est dépourvu. Cette découverte, qu'il venait de faire dans les crustacés, se confirma dans les arachnides (*scorpio Europæ*) et dans les insectes (*scolopendra marsitans* de Linn., *carabus*, id., *sphinx ligustri*, id.).

D'après les résultats fournis par ses dissections, Newport, imité par Grant (2), quoique n'ayant pas tenté des expériences propres à établir son opinion, admet que, dans les articulés, le cordon supérieur est destiné au mouvement, et que l'inférieur ou ganglionnaire préside à la sensibilité.

Ainsi, contrairement à ce qui s'observe chez les vertébrés, le faisceau moteur serait supérieur, et le faisceau sensitif ou ganglionnaire lui serait sous-jacent, ce qui confirmerait l'opinion de quelques anatomistes sur le mode d'évolution propre aux animaux inférieurs. Geoffroy-Saint-Hilaire regarde le ventre de l'invertébré comme le représentant du dos chez le vertébré ; et, en effet, la position et les rapports mutuels du cœur ou vaisseau dorsal, du canal alimentaire et du système nerveux, autorisent cette comparaison. On trouve même, à la face inférieure du thorax et de la tête des insectes et des crustacés, de véritables vertèbres, nommées entocéphale et entothorax par Audouin. Dans son Mémoire *sur la conformité organique* (p. 95 et 96), Dugès établit une preuve de plus sur la situation du vitellus dans l'œuf; il est en rapport avec ce qu'on nomme le ventre chez le vertébré, avec ce qu'on appelle le dos chez l'invertébré.

Valentin (3) ayant repris sur l'*astacus fluviatilis* les recherches de Newport et les ayant trouvées conformes à la vérité, entreprit sur cette espèce quelques expériences dans le but de vérifier la prévision physiologique de l'anatomiste anglais.

Ayant nous-même répété des observations microscopiques sur l'arrangement

(1) *Philosoph. Transact.*, 1834, p. 407 et 408.
(2) *The Lancet*, juillet 1834.
(3) *De functionibus nervorum cerebralium et nervi sympathici*, p. 7 et seq. Berne, 1839.

des cordons de la chaîne nerveuse des crustacés, nous reconnûmes l'exactitude des faits de texture signalés par ces deux auteurs, et nous trouvâmes une particularité qui fixa beaucoup notre attention : une petite nodosité, comparable aux ganglions spinaux des vertébrés, se trouvait seulement sur l'une des deux paires nerveuses émergées des renflements ganglionnaires; seraient-ce là les seules racines analogues aux racines sensitives des animaux des classes supérieures?

Je vais exposer brièvement les résultats des expériences que j'ai exécutées sur le *palinurus quadricornis.* Dans ces expériences, j'ai voulu appliquer la même méthode dont j'avais fait usage chez les vertébrés : ainsi, ayant fendu supérieurement l'enveloppe calcaire, j'enlevai en partie les muscles sous-jacents, de manière à mettre d'abord à nu la portion abdominale de la chaîne ganglionnaire. Alors furent irrités successivement les racines nerveuses, les faisceaux inter-ganglionnaires et les ganglions.

A. *Racines nerveuses.* — On sait que *trois* existent de chaque côté d'un ganglion ou d'un espace inter-ganglionnaire : en excitant mécaniquement celle qui sort manifestement du faisceau supérieur, l'animal, quoique très vif encore, ne parut pas souffrir, et des contractions locales très évidentes éclatèrent; en agissant sur les deux autres, j'observai aussi quelques secousses convulsives locales, mais bien moins apparentes; de plus, l'animal donna des signes de douleur. Toutefois, n'ayant pas reproduit assez souvent cette épreuve, je n'oserais rien affirmer sur la constance d'un phénomène dont la manifestation peut avoir dépendu d'une simple coïncidence entre le moment de l'irritation et celui où l'animal mutilé semblait en effet souffrir.

Remarquons néanmoins que c'est sur l'une de ces deux racines que nous avons aperçu un petit renflement, peut-être assimilable à celui de chaque racine sensitive des vertébrés : du reste, il m'a été impossible, à cause de leur juxtaposition intime, dans cet articulé, d'opérer isolément sur chacune d'elles.

B. *Faisceaux inter-ganglionnaires et ganglions.* — Toutes les fois qu'avec une lancette j'ai piqué l'un des ganglions, l'animal, pour témoigner sa douleur, s'est débattu et a agité sa queue avec violence ; ceux-ci sont donc très sensibles. Puis, j'ai pratiqué, dans la région indiquée, la section transversale des faisceaux inter-ganglionnaires, de manière à former un bout *caudal* et un bout *céphalique* : la langouste a bondi avec force, la douleur avait évidemment été fort vive. Alors, comme dans les animaux plus élevés, je pus observer l'immobilité de toute la partie postérieure à la section, ce qui n'est guère en rapport avec l'opinion des physiologistes qui croient que, surtout chez les invertébrés, les ganglions secondaires fonctionnent indépendamment les uns des autres, et même indépendamment des ganglions principaux ou céphaliques : la force nerveuse motrice chemine donc aussi de l'extrémité céphalique à l'extrémité caudale, comme dans les animaux supérieurs. En irritant la face supérieure du bout caudal, des contractions, quoique légères, eurent lieu d'une manière évidente, tandis que je n'en ai pu découvrir aucune, par l'excitation de sa face inférieure ou ganglionnaire (1).

Ces expériences tendent donc à établir que, comme dans les animaux supérieurs, les appareils nerveux de la sensibilité sont, dans les articulés, distincts de

(1) Toutes ces expériences doivent être faites avec célérité, parce que l'excitabilité nerveuse s'éteint assez promptement. Leur difficulté consiste surtout à arriver jusqu'à la chaîne ganglionnaire à travers la couche épaisse de muscles qui la recouvre, tout en conservant assez de ceux-ci pour qu'on puisse apprécier leur état, lors de la stimulation de telle ou telle partie nerveuse, et pour qu'aussi les mouvements de la queue soient encore possibles.

ceux du mouvement. Quoique la même distinction existe aussi probablement dans les mollusques, on comprend que les preuves en soient plus difficiles à établir, à cause de la configuration particulière de leur système nerveux (1).

Si, en outre, on s'appuie des faits anatomiques et physiologiques qui précèdent, on doit rejeter assurément toute analogie *exclusive* entre l'axe nerveux des invertébrés et les ganglions intervertébraux, ou le grand sympathique : au contraire, cet axe nerveux, avec les nerfs qui en émanent, représente à la fois la moelle, les nerfs rachidiens, et même le grand sympathique, qui toutefois, chez beaucoup d'invertébrés, est distinct de la principale chaîne ganglionnaire.

Quant aux ganglions céphaliques ou cérébroïdes des animaux inférieurs, et spécialement des articulés, il est évident qu'ils constituent le centre principal de l'appareil nerveux, et que, sous le rapport de la sensibilité et du mouvement, ils fonctionnent, sauf quelques différences, à la manière de l'encéphale auquel ils doivent être assimilés.

B. Division physiologique des nerfs crâniens.

Puisqu'il n'est plus permis de révoquer en doute, chez les animaux supérieurs, la légitimité de la division des nerfs rachidiens, en moteurs et en sensitifs, il importe de rechercher si une distinction analogue est applicable aux nerfs crâniens.

Les résultats auxquels nous ont conduit nos investigations anatomiques et expérimentales sur ces derniers, nous autorisent à les diviser en trois classes :

Dans la première, se rangent les nerfs de sensations spéciales; l'*olfactif*, l'*optique* et l'*auditif*.

Dans la seconde, figurent les nerfs de sensibilité générale; *les portions ganglionnaires du trijumeau*, *du glosso-pharyngien et du pneumo-gastrique*. Le trijumeau et le glosso-pharyngien, pouvant en outre servir à des sensations spéciales, établissent une transition entre les nerfs de sensibilité générale et les nerfs précédents.

Enfin, dans la troisième classe, se trouvent ceux qui président aux mouvements volontaires et à certains mouvements respiratoires; *le moteur oculaire commun*, *le pathétique*, *le masticateur* (portion non ganglionnaire du trijumeau), *le moteur oculaire externe*, *le moteur tympanique* (2), *le spinal et le grand hypoglosse*.

Les nerfs de ces deux dernières classes offrent seuls des analogies avec les deux sortes de racines spinales, et quant à ceux de la première, ils ont des propriétés spéciales qui seront exposées dans une autre partie de cet ouvrage.

Nerfs crâniens sensitifs. — Ces nerfs, de notre deuxième classe (*portions ganglionnaires* du trijumeau, du glosso-pharyngien et du pneumo-gastrique), émergent du *corps restiforme*, c'est-à-dire du faisceau médullaire postérieur, qui,

(1) « D'après Sharpey, les nerfs des bras des céphalopodes (*octopus*) ont une structure tout à fait semblable à celle du cordon ventral des articulés. Ils consistent en deux paires de cordons, dont l'une forme des renflements ganglionnaires de distance en distance, tandis que l'autre ne prend aucune part à la formation des ganglions. La situation des renflements correspond aux ventouses des bras. »

(2) J'appelle ainsi un petit nerf (intermédiaire au facial et à l'acoustique) que je suppose faire mouvoir les muscles de l'oreille moyenne et fournir la racine motrice du ganglion otique, comme le nerf moteur oculaire commun fait mouvoir la plupart des muscles de l'œil et fournit la racine motrice du ganglion ophthalmique : c'est donc à ce point de vue qu'il m'a paru mériter le nom de *nerf moteur tympanique*.

ainsi appelé par Ridley au niveau du bulbe, donne inférieurement naissance à toutes les racines spinales *sensitives* ou postérieures.

On n'a point oublié, 1° que le pincement de ces racines est douloureux ; 2° que leur section abolit seulement la sensibilité des parties où elles envoient des filets ; 3° que le galvanisme appliqué, avec les précautions déjà indiquées, à leurs *bouts périphériques*, ne suscite point la moindre contraction musculaire ; 4° que chaque racine postérieure est pourvue d'un ganglion.

Or, 1° le pincement des trois nerfs précédents arrache des cris aux animaux ; 2° la section intra-crânienne de la portion ganglionnaire des *trijumeaux* fait perdre la sensibilité, non seulement à la peau qui recouvre le segment antérieur de la tête, c'est-à-dire la face, mais encore aux diverses membranes muqueuses qui revêtent le globe oculaire, les paupières, les fosses nasales, les sinus frontaux, maxillaires, etc., les lèvres, les gencives, les joues, la voûte palatine, la portion horizontale du voile du palais, et enfin les deux tiers antérieurs de la langue ; les dents peuvent être arrachées sans douleur : la section des *glosso-pharyngiens* rend insensible la muqueuse des piliers du voile du palais, du tiers postérieur de la langue, celle des amygdales et d'une partie du pharynx : la section des *pneumo-gastriques* abolit le sentiment dans les membranes muqueuses du larynx, de la trachée, des bronches, de l'œsophage et de l'estomac (1) ; 3° sur le chien, j'ai galvanisé, dans le crâne, la portion ganglionnaire du trijumeau, séparée du nerf masticateur et de l'encéphale ; aucune contraction musculaire ne s'est manifestée : sur le cheval et le chien, après avoir isolé, avec le soin le plus minutieux, du bulbe et des filets les plus élevés du nerf spinal (accessoire de Willis), *les portions ganglionnaires* du pneumo-gastrique et du glosso-pharyngien, afin d'éviter tout mouvement réflexe, j'ai successivement appliqué le galvanisme à chacune de ces portions, sans obtenir le plus léger frémissement dans les muscles du larynx, du pharynx, du voile du palais, etc. ; etc. : 4° le trijumeau est pourvu d'un ganglion appelé semi-lunaire ou de *Gasser ;* le glosso-pharyngien en offre un autre que l'on nomme ganglion d'*Andersh ;* enfin, celui que le pneumo-gastrique présente aussi, au niveau du trou déchiré postérieur, ne porte point de nom spécial. Tout ce qui caractérise *essentiellement* les racines postérieures, reconnues nerfs de sensibilité générale, s'applique donc aux portions ganglionnaires de ces trois nerfs crâniens que nous avons cru devoir réunir sous la dénomination indiquée.

Poursuivons les analogies : toute racine spinale postérieure, au-delà de son ganglion, mélange ses filets avec ceux d'une racine antérieure ou *motrice* correspondante ; de là résulte un tronc *mixte* dont la section est douloureuse et dont le bout périphérique galvanisé suscite des convulsions dans les muscles. La portion ganglionnaire du *pneumo-gastrique*, au-delà de son ganglion, unit ses filets à une partie de ceux du nerf spinal (*nerf moteur*), de sorte que, au-dessous du point de cette union, il constitue aussi un tronc mixte qui produit de la douleur quand on le coupe, et qui provoque des mouvements d'une manière directe quand on agit sur le bout séparé de l'encéphale. Au-dessous du ganglion d'Andersh, le *glosso-pharyngien* est tout à fait dans le même cas, puisqu'il s'anastomose avec le rameau pharyngien du spinal et avec un rameau du nerf facial (*nerf moteur*). Quant au *trijumeau*, un pareil mélange est loin d'exister d'une manière aussi intime, au-delà du gan-

(1) Ajoutons que la sensibilité gustative disparaît dans les deux tiers antérieurs de la langue quand on coupe la cinquième paire, et dans le tiers postérieur de cet organe quand on divise le glosso-pharyngien.

glion de Gasser, entre ses deux racines, dont la plus petite ou motrice formant, pour ainsi dire, un nerf à part, a quelques relations avec la branche maxillaire inférieure, mais n'en offre aucune avec les branches ophthalmique et maxillaire supérieure, autres divisions du nerf trijumeau.

Une dissection attentive permet de reconnaître que tout ganglion, placé sur le trajet d'une racine spinale postérieure, communique par l'entremise de filets plus ou moins longs avec un ganglion du grand sympathique : nous retrouvons cette particularité dans nos trois nerfs crâniens; car, à l'aide de son rameau carotidien, le ganglion cervical supérieur communique avec celui de Gasser, d'Andersh et aussi avec le ganglion du pneumo-gastrique.

Les fibres *fines*, *grises*, *végétatives* des nerfs rachidiens, bien décrites dans ces derniers temps, surtout par Reichert, Valentin, Kolliker et Ch. Robin, s'observent facilement aux environs des ganglions des racines postérieures; cette espèce de fibres se trouve aussi en grand nombre, au-delà du ganglion de Gasser, dans les trois branches du trijumeau (Retzius), et l'on peut faire la même observation dans le glosso-pharyngien et surtout le pneumo-gastrique, pris au-dessous de leurs renflements ganglionnaires.

Des faits anatomiques et physiologiques qui précèdent, il résulte que les *portions ganglionnaires* du trijumeau, du glosso-pharyngien et du pneumo-gastrique doivent être rangées à côté des racines spinales postérieures (*nerfs sensitifs rachidiens*); et que la qualification de *nerfs mixtes*, qu'on voudrait leur donner, serait aussi fautive que si on l'appliquait aux racines spinales postérieures, abstraction faite de leurs anastomoses ultérieures (1).

Les *portions ganglionnaires* du trijumeau, du glosso-pharyngien et du pneumo-gastrique sont donc, suivant nous, d'abord des *nerfs de sensibilité générale ;* de plus, les deux premières servent aussi à transmettre certaines impressions *spéciales.*

Ce n'est point encore le lieu d'examiner quelle peut être l'influence de ces trois nerfs sur la nutrition et les sécrétions des organes auxquels ils se distribuent.

Nerfs crâniens moteurs. — Ces nerfs de notre troisième classe, au nombre de huit (moteur oculaire commun, pathétique, masticateur (2), moteur oculaire externe, moteur tympanique, facial, spinal et grand hypoglosse), tirent tous leur origine du prolongement crânien du faisceau antéro-latéral de la moelle, faisceau d'où procèdent, dans le rachis, toutes les racines spinales *motrices* ou antérieures.

D'arrière en avant, on voit l'hypoglosse, le moteur oculaire externe et le moteur oculaire commun émerger du faisceau antérieur, avant et après son passage à travers la protubérance annulaire; tandis que le spinal, le facial, le moteur tympanique, le masticateur et le pathétique, prennent naissance aussi d'arrière en avant sur le faisceau latéral (3), qui se recourbe *en partie* au-dessous des tubercules quadrijumeaux.

Le *moteur oculaire commun*, le *pathétique* et le *moteur oculaire externe* président aux mouvements de la membrane iris et à la contraction des sept muscles

(1) Nous nous proposons, dans le courant de cet ouvrage, de revenir avec détails sur cette manière de voir.

(2) Racine motrice du trijumeau.

(3) Le nerf pathétique sort de cette portion du faisceau latéral, décrite par Tiedemann, et qui, une fois émergée de la protubérance, se dirige au-dessous des tubercules quadrijumeaux postérieurs.

de la cavité orbitaire; le *nerf masticateur* anime tous ceux qui meuvent la mâchoire inférieure, excepté le génio-hyoïdien; les filets du *facial* excitent la contraction dans tous les muscles sous-cutanés de la face, du cou, etc.; l'*hypoglosse* tient sous sa dépendance les muscles de la langue, quelques uns de ceux de la région sus-hyoïdienne, et, après s'être anastomosé avec la branche descendante interne du plexus cervical, il envoie des rameaux moteurs à tous les muscles de la région sous-hyoïdienne; enfin, le spinal anime le sterno-cléido-mastoïdien, le trapèze, et de plus les muscles du larynx, du pharynx, etc. Aucun de ces nerfs ne se ramifie dans les enveloppes tégumentaires.

On se rappelle, 1° que l'excitation mécanique des racines spinales antérieures ne donne pas lieu à la moindre douleur; 2° que leur section paralyse le mouvement des parties qui en reçoivent des filets; 3° que le galvanisme appliqué à leurs *bouts périphériques* provoque des contractions musculaires très apparentes.

1° Excepté le facial, le moteur tympanique et le masticateur, j'ai pu, sur l'animal vivant, irriter mécaniquement *à leur origine* les nerfs crâniens indiqués, et je les ai trouvés insensibles aux irritations mécaniques de toutes sortes. Par analogie, je suppose qu'il en est de même du masticateur, et du facial qui paraît insensible à la face après la section de la cinquième paire dans le crâne. Je n'ai aucun doute sur l'insensibilité du nerf spinal (accessoire de Willis) à l'arrachement avec un crochet disposé pour cet usage; j'ai pu, en expérimentant sur ce nerf, agir sur les racines de l'hypoglosse sans enlever la voûte du crâne, et seulement à travers l'espace occipito-atloïdien: la partie délicate de cette expérience consiste à éviter la lésion du bulbe. Du reste, l'insensibilité de tous ces nerfs, *à leur origine*, ne saurait surprendre, puisque les colonnes médullaires, avec lesquelles ils sont en rapport, sont aussi, comme nous l'avons prouvé, dépourvues de toute sensibilité.

2° La section ou l'altération morbide de l'un de ces nerfs ne manque jamais d'anéantir complétement l'action des muscles qui en reçoivent leurs rameaux.

3° Aussitôt que la division de l'un de ces nerfs a été pratiquée, vient-on à appliquer les deux pôles d'une pile au bout séparé de l'encéphale, on voit brusquement éclater des contractions musculaires, limitées à l'endroit de répartition du nerf galvanisé.

Chaque racine spinale antérieure communique, à l'aide d'un filet, avec un ganglion du grand sympathique; ce filet doit être regardé comme la *racine motrice* du ganglion.

Le nerf moteur oculaire commun fournit la racine motrice du ganglion ophthalmique: et, selon nous, du facial émanent les racines motrices des ganglions sphéno-palatin, otique et sous-maxillaire. De plus, le nerf spinal, l'hypoglosse, le moteur oculaire commun et le moteur oculaire externe communiquent soit avec le ganglion cervical supérieur, soit avec son rameau carotidien.

Assurément, voilà des caractères analogiques assez importants et assez nombreux pour permettre d'assimiler tous les nerfs précédents aux racines spinales antérieures qui sont exclusivement en rapport avec l'exercice du mouvement.

En terminant ce parallèle des deux ordres de nerfs, crâniens et rachidiens, il nous reste à insister sur une remarque des plus importantes: si les nerfs de sensibilité générale et ceux du mouvement sont bien distincts à leur origine, au contraire, une fois émergés du crâne et du canal vertébral, ils s'unissent sous une

enveloppe commune, et constituent des nerfs *mixtes*. Il résulte d'une pareille disposition que chaque tronc rachidien, avec ses rameaux, participe à la fois des caractères propres à l'une et à l'autre racine, c'est-à-dire que, directement excité, il donne lieu en même temps à de la douleur et à des contractions locales; il en résulte surtout que certains nerfs crâniens, par exemple, offrent des propriétés totalement différentes, suivant le point de leur trajet qu'on explore. Ainsi, le nerf hypoglosse, avant son passage dans le trou condylien antérieur, nous a paru entièrement insensible chez le chien; tandis que, au-dessus de la grande corne de l'hyoïde, il jouit d'une sensibilité assez vive qui lui est évidemment communiquée par des filets sensitifs, venus de la première anse du plexus cervical. Il en est de même du facial, dont la stimulation n'est douloureuse qu'autant que ses anastomoses avec le trijumeau sont demeurées intactes. Les portions ganglionnaires du pneumo-gastrique et du glosso-pharyngien, une fois anastomosées avec le spinal et le facial, peuvent, lorsqu'on les irrite au-dessous du trou déchiré postérieur, provoquer dans le larynx, le pharynx, les piliers du voile du palais, etc., des contractions qui n'ont jamais lieu quand on agit avec précaution sur les portions ganglionnaires de ces nerfs avant leur sortie du crâne, et avant toute union avec les deux derniers nerfs moteurs indiqués.

Cette association de filets de divers ordres a été une source d'erreurs pour beaucoup d'anatomistes et de physiologistes, qui ont accordé à tort à un même cordon nerveux un pouvoir sensitivo-moteur dû, en réalité, à l'intervention de deux nerfs différents de nature, mais confondus en un seul tronc. C'est faute de s'enquérir des anastomoses d'un cordon nerveux exclusivement moteur, qu'on a souvent avancé qu'il se rendait à la fois aux téguments et aux muscles: n'a-t-on pas prétendu que des filets du facial se rendaient à la peau de la face, alors qu'il s'agissait tout simplement de quelques filets terminaux de l'auriculo-temporal d'abord anastomosé avec la septième paire? Oubliant aussi que les muscles réclament, pour l'entretien de leur sensibilité propre et de leurs contractions régulières, l'intervention des nerfs de sentiment, ne s'est-on pas cru fondé à soutenir que la portion ganglionnaire du trijumeau elle-même est propre à transmettre et les impressions et le principe des mouvements, parce qu'elle se distribue à la peau et abandonne aussi quelques fines divisions aux muscles de la face? Ici la simple observation n'est plus suffisante pour distinguer les filets en rapport avec le mouvement, de ceux qui servent à la sensibilité: là, par conséquent, doit commencer l'expérimentation qui nous apprend que les seuls nerfs moteurs sont ceux dont l'irritation mécanique ou galvanique fait naître des contractions locales. Or, on arrive ainsi à démontrer que la portion ganglionnaire du trijumeau, qui s'anastomose avec tous les nerfs moteurs crâniens, le spinal excepté, est tout à fait inapte à provoquer des convulsions musculaires de la face, du globe de l'œil, de la langue, etc., quoiqu'elle fournisse des filets aux muscles de ces parties: il n'y a donc, je le répète, que les nerfs réellement moteurs dans lesquels on rencontre une pareille aptitude.

En résumé, les faits les plus exacts et les mieux observés établissent cette vérité fondamentale, en physiologie:

A leur conjugaison avec l'axe cérébro-spinal, les nerfs du mouvement (rachidiens ou crâniens) *sont aussi distincts des nerfs du sentiment, qu'à leur abouchement au cœur les vaisseaux à sang rouge sont distincts des vaisseaux à sang noir.*

C. Division physiologique de l'encéphale, considéré dans ses rapports avec la sensibilité, la motricité et l'intelligence.

Si la précédente distinction entre les cordons nerveux est invariablement établie, si elle n'est pas moins réelle entre les faisceaux de la moelle épinière, est-on parvenu, à l'aide des expériences et des observations pathologiques, à établir cette même distinction dans l'encéphale?

Il semblerait qu'une physiologie positive du cordon rachidien, envisagé comme conducteur des mouvements et des impressions, dût singulièrement éclairer les investigateurs dans leurs recherches anatomo-physiologiques et même pathologiques sur l'encéphale : car il est impossible de ne pas regarder la moelle comme un organe fondamental dont les divers faisceaux rayonnent dans les ganglions encéphaliques; et dès lors, si l'on admet que les faisceaux postérieurs transmettent les impressions, et les antérieurs le principe des mouvements volontaires, n'est-il pas rationnel de supposer qu'en poursuivant isolément ces faisceaux médullaires dans l'encéphale, on devrait parvenir à trouver le centre duquel émane ce principe, et aussi le foyer élaborateur vers lequel convergent les impressions? Formulé de la sorte, le problème physiologique qui nous occupe pourrait paraître facile et se réduire à une question de texture dont un œil habile devrait donner tôt ou tard une solution satisfaisante.

Mais c'est précisément d'une certaine uniformité dans la constitution anatomique de chaque ganglion encéphalique que provient, en partie, l'embarras du physiologiste.

En effet, l'anatomie démontre que chaque renflement de l'encéphale est pourvu, indépendamment de la substance grise, de fibres de deux ordres, les unes motrices, les autres sensitives, envoyées par la moelle; et la pathologie humaine, confirmant ces données, vient aussi démontrer que la lésion de l'un de ces renflements, quel qu'il soit, peut déterminer la perte ou des troubles variés du mouvement, l'abolition ou la perturbation de la sensibilité. A cause de la similitude dans les phénomènes, on conçoit donc déjà toutes les difficultés qui doivent s'offrir lorsqu'il s'agit d'arriver, à l'aide de faits pathologiques, à la détermination d'un foyer central pour la sensibilité ou pour les mouvements.

Quant aux vivisections, quelle sagacité d'observation, et quelle sage réserve dans les inductions n'exigent-elles pas ici de la part de celui qui s'y livre! Enlevez-vous complétement les lobes cérébraux d'un oiseau, vous le voyez encore marcher, voler; il peut même vivre pendant plusieurs mois (1). Si vous touchez sa conjonctive, il détourne la tête; si vous pincez sa patte, il la retire, etc. : faut-il en conclure que le cerveau, proprement dit, est étranger à la sensibilité et au mouvement? Si je pratique l'ablation des lobes cérébraux et du corps strié, chez un lapin, la station et la progression sont encore faciles, et, en lui étreignant une partie sensible du corps, je lui arrache des cris; la conclusion doit-elle encore être la même? De plus, sur les précédents animaux, retranchez-vous le cervelet, la sensibilité est loin de disparaître, et les mouvements quoique désordonnés se produisent encore. Ni le cervelet, ni le cerveau ne seraient-ils donc des centres de mouvement ou de sensibilité?

Et pourtant, chez l'homme, comme nous en faisions la remarque plus haut,

(1) FLOURENS, *Rech. expér. sur les propr. et les fonct. du syst. nerv.*, 2e édit., p. 87.

des paralysies absolues du mouvement peuvent s'observer aussi bien dans les lésions du cerveau proprement dit que dans celles du cervelet; et quand l'un ou l'autre est malade, la sensibilité elle-même peut être plus ou moins gravement compromise.

C'est ici le lieu d'avouer que, si, dans nos études sur la moelle épinière et sur les cordons nerveux, les données expérimentales et pathologiques se sont prêté un mutuel appui, elles ont paru trop souvent se contredire, quand il s'est agi de l'encéphale. On pourra donc facilement reconnaître, par la suite, que plusieurs conclusions relatives à ses fonctions, et rigoureusement déduites d'expériences décisives sur les animaux, ne semblent pas toujours applicables à l'homme qui a le cerveau le plus parfait : mais, pour s'expliquer ces différences et ce désaccord, peut-être seulement apparent, entre les révélations de la physiologie expérimentale et celles de la pathologie humaine, on n'oubliera pas que, dans les expériences où la lésion est brusque, limitée à un organe, et la perversion fonctionnelle immédiate, les conditions ne sont plus les mêmes que dans les lésions pathologiques; qu'il existe de plus chez l'homme, entre les diverses parties encéphaliques, une solidarité et un consensus beaucoup plus étroits que chez les animaux; d'où il résulte que le plus ordinairement l'une de ces parties ne saurait être altérée, sans que les fonctions des autres n'en éprouvent bientôt des atteintes fâcheuses.

Par conséquent, en admettant que l'encéphale soit un grand tout composé d'une foule de parties dont chacune accomplirait un acte spécial, on comprendra qu'aux yeux des plus sages observateurs la pathologie n'ait réellement fourni que des arguments peu plausibles en faveur des localisations cérébrales, même les plus larges, proposées jusqu'à présent. Si, ne tenant compte que des faits favorables à une hypothèse, et négligeant ceux qui lui sont opposés, quelques esprits moins exacts ont pensé autrement, on pourra encore s'expliquer ces dissidences en se rappelant que la pathologie cérébrale est si riche de faits qu'elle n'en refuse à aucun système : tout ce qu'on veut y voir on l'y trouve, tout ce qu'on lui demande elle le donne; suivant la manière dont on l'interroge, elle conduit à l'erreur, au doute ou à la vérité.

Dans un pareil état de choses, efforçons-nous néanmoins de rechercher les éléments que peuvent apporter à la solution du problème important dont il s'agit, les expériences sur les animaux; et sachons profiter des avantages que, chez eux, une solidarité moindre des parties encéphaliques entre elles offre à nos investigations, en n'oubliant pas qu'en effet certains résultats ne devront être appliqués à l'homme lui-même qu'avec une extrême réserve.

Mais, avant de tenter des expériences sur l'encéphale des animaux vivants, il importe, pour obtenir des résultats comparables, d'être bien fixé sur les parties de la masse encéphalique qui, dans les diverses classes de vertébrés, se correspondent et remplissent des fonctions analogues.

Quelques considérations anatomiques, d'ailleurs très succinctes et ayant trait seulement à des points litigieux de la comparaison de l'encéphale des vertébrés, nous paraissent donc devoir précéder ici nos recherches physiologiques.

Les *lobes cérébraux* (cerveau proprement dit), le *cervelet*, les *tubercules quadrijumeaux* ou bijumeaux, la *moelle allongée*, telles sont les parties fondamentales qui, diversifiées dans leur forme, leur volume relatif, leur division, et même leur structure intime, constituent l'encéphale des animaux supérieurs.

Lobes cérébraux. — Chez les poissons, les lobes cérébraux, tout à fait rudimentaires, ont été l'objet de discussions relatives à leur détermination et même à leur existence; et encore aujourd'hui, les anatomistes sont loin d'être d'accord sur la portion de l'encéphale qu'on doit considérer, dans cette classe, comme le *cerveau proprement dit.*

D'après Tiedemann (1), les éminences pleines et solides que l'on rencontre immédiatement au-devant des *lobes optiques* (tubercules quadrijumeaux des mammifères) chez les poissons osseux, seraient les analogues des corps striés, et non des lobes cérébraux dont le premier rudiment ne commencerait à paraître que chez les poissons cartilagineux. Arsaky (2) veut, au contraire, que les précédentes éminences correspondent au cerveau proprement dit des mammifères : son opinion est partagée par Serres (3) et par Carus (4) qui appelle ces éminences *première masse cérébrale.* Enfin, selon d'autres anatomistes, on devrait appeler lobes ou hémisphères cérébraux, chez les poissons, les renflements ganglionnaires situés au-devant du cervelet, renflements que l'on a désignés depuis sous le nom de *lobes optiques.*

Pour des raisons anatomiques que nous avons développées dans un autre de nos ouvrages (*ouv. cit.*), nous croyons devoir adopter la détermination d'Arsaky, et assimiler aux lobes cérébraux des animaux plus élevés, les ganglions situés immédiatement au-devant des lobes dits optiques, en faisant d'ailleurs abstraction des lobes olfactifs qui sont placés à la partie tout à fait antérieure de la masse encéphalique.

Chez les reptiles, la détermination des lobes cérébraux, qui déjà l'emportent en volume sur les autres ganglions encéphaliques, ne saurait laisser aucun doute : dans leur cavité intérieure existe déjà un renflement fort analogue à ce qu'on nomme *corps strié* dans le cerveau des mammifères.

De Blainville (5) regarde les lobes cérébraux des oiseaux comme constitués par les corps striés, et de plus par une partie correspondant aux circonvolutions qui existent, chez quelques mammifères, au fond de la scissure de Sylvius, et qui sont désignées sous le nom d'*insula de Reil.* Pour de Blainville, ces lobes ne sont donc point les analogues de toute la masse hémisphérique de l'homme ou des mammifères supérieurs, et ce physiologiste célèbre s'explique de la sorte certaines différences dans les résultats obtenus de la mutilation comparée de ces organes, chez les oiseaux et chez les mammifères.

Cervelet. — Dans la plupart des poissons, le cervelet est celui des ganglions encéphaliques le plus facile à reconnaître : il est situé immédiatement derrière les lobes optiques. Toutefois, dans certaines espèces, on rencontre dans son voisinage d'autres renflements avec lesquels il faudrait bien se garder de le confondre. C'est ainsi que dans la carpe, le misgurn, par exemple, on aperçoit, au-dessous et en arrière du cervelet, un second ganglion impair avoisiné par deux renflements latéraux destinés à l'origine des nerfs branchiaux, et assimilés à tort par quelques anatomistes aux hémisphères cérébelleux des mammifères; que chez la torpille,

(1) *Anatomie du cerveau*, trad. de Jourdan, p. 240.
(2) *De piscium cerebro et medullâ spinali.* Halle, 1813.
(3) *Anat. comp. du cerv.*, etc., t. II, p. 516 et suiv. Paris, 1827.
(4) *Anat comp.*, trad. franç., t. 1, p. 67. — Carus range les lobes olfactifs dans la *première masse cérébrale.*
(5) *Leçons orales.*

il existe un volumineux ganglion (*lobe électrique* de Matteucci) en relation avec les nerfs qui se distribuent à l'appareil électrique; que, dans les trigles, on voit derrière le cervelet autant de renflements globuleux et grisâtres que de doigts libres au-devant de leur nageoire humérale.

Chez certains reptiles, tels que le crapaud, la grenouille, le lézard, la salamandre terrestre, la couleuvre, le menobranchus, l'amphisbène, etc., le cervelet est tellement rudimentaire, que son existence a pu être révoquée en doute; mais il existe réellement et consiste en une simple bandelette médullaire située en travers du quatrième ventricule. Si, au contraire, le cervelet forme, chez la tortue et le crocodile, une masse globuleuse égale et même supérieure en volume à l'un des lobes optiques, il faut prendre garde d'en faire dépendre d'autres ganglions qui, selon Carus (1), sont situés au-dessous de lui, des deux côtés du quatrième ventricule et à l'origine du nerf acoustique.

Le cervelet des oiseaux ne paraît correspondre qu'au lobe médian du cervelet des mammifères, et manque de vraies masses latérales; il est seulement pourvu quelquefois de deux petits appendices latéraux, déjà visibles chez les squales et les crocodiles, et qui doivent être assimilés aux lobes des nerfs pneumo-gastriques ou *touffes* de Reil, et non aux hémisphères cérébelleux des mammifères. Sa communication avec la partie supérieure de la moelle a lieu par deux ordres de fibres: les unes, s'enfonçant transversalement dans la substance grise de cette partie, y forment une commissure diffuse dont le pont de Varole n'est qu'un développement; les autres viennent directement des faisceaux médullaires.

Quant au cervelet des mammifères, il diffère de celui des poissons, des reptiles et des oiseaux, en ce que, outre les petits appendices latéraux (touffes lamineuses de Reil), et le lobe médian, il présente deux masses latérales dont le volume et les subdivisions en lamelles s'accroissent à mesure qu'on se rapproche davantage de l'homme. Les acquisitions que le cervelet a faites, dans la classe des mammifères, se rattachent d'une manière intime à l'apparition du pont de Varole qui n'existait point dans les classes précédentes (si ce n'est à l'état rudimentaire chez les oiseaux), et qu'on doit regarder comme une commissure inférieure des hémisphères du cervelet.

Tubercules quadrijumeaux, *bijumeaux ou lobes optiques.* — L'homme est de tous les animaux vertébrés celui qui présente les tubercules quadrijumeaux à leur minimum de développement relatif, de sorte qu'on peut avancer que le volume de ces éminences est en raison inverse de celui du cerveau et du cervelet.

La détermination des tubercules quadrijumeaux (lobes optiques), dans les poissons, offre des difficultés assez grandes pour que l'opinion des anatomistes ait singulièrement varié à ce sujet. Au-devant du cervelet on rencontre deux éminences lisses, globuleuses ou ovalaires, qui varient selon les espèces, et qui sont séparées l'une de l'autre par un sillon longitudinal. Collins (2), Alexandre Monro (3), Camper (4), Ebel (5), Cuvier (6), etc., les ont prises pour les hémi-

(1) *Anat. comp.*, trad. franç., t. I, p. 81. Paris, 1835.
(2) *System of anatomy*, etc., t. II. Londres, 1685.
(3) *The struct. and physiol. of fishes.* Edimbourg, 1783.
(4) T. I et t. II de ses *Opuscules.* — Et *Mém. de l'Académie des sciences.* Savants étrangers, t. VI, p. 1774.
(5) *Observ. nevrolog.* tab. 2, 3, 4.
(6) *Leçons d'anat. comp.*, t. II, p. 166. Paris, an VIII.

sphères cérébraux, Haller (1) et Vicq-d'Azyr (2) pour les couches optiques. Scarpa (3) appelle ces éminences tantôt *tubercula majora cerebri*, tantôt *corpora* ou *tubercula olivaria*, et ne s'explique pas sur leur nature. Arsaky (4) les nomme *tubercula optica*, tout en les considérant comme les analogues des tubercules quadrijumeaux. Cette dernière opinion est adoptée par Carus (5) et par Tiedemann (6).

Les éminences dont il s'agit ne sont point les hémisphères du cerveau, ceux-ci étant placés plus en avant. On ne saurait non plus voir en elles les couches optiques, *attendu que celles-ci n'offrent jamais de cavité dans leur intérieur.* Les éminences qui nous occupent renferment, au contraire, le plus souvent une cavité spacieuse, dans laquelle on trouve plusieurs ganglions assimilés à tort aux véritables tubercules quadrijumeaux : cette cavité existe aussi dans les mammifères, aux premiers temps de la vie fœtale. Étant situées au-devant du cervelet, elles ressemblent parfaitement, sous ce rapport, aux tubercules quadrijumeaux des autres vertébrés : d'ailleurs, elles naissent aussi sur le prolongement de ces cordons de la moelle qui s'incurvent de dehors en dedans, au-devant du cervelet, et interceptent d'abord un espace communiquant avec le prolongement antérieur du quatrième ventricule. Composées de substance blanche et de substance grise, elles sont d'autant plus volumineuses que les nerfs optiques et les yeux offrent un volume plus considérable. A l'état frais, on peut suivre, sur leur partie interne et supérieure, une des racines du nerf optique ; et à leur partie interne et inférieure, une seconde racine du même nerf. En rapport de volume avec les yeux, elles sont inégalement développées chez les pleuronectes qui ont les organes visuels d'inégal volume (Gottsche) (7).

Dans la classe des reptiles, situés entre le cervelet et les lobes cérébraux, les tubercules quadrijumeaux (*lobes optiques* ou *bijumeaux* de quelques auteurs) offrent un volume, contrairement à ce qu'on observe dans les poissons osseux, qui est toujours moindre que celui des hémisphères du cerveau. Deux racines du nerf optique s'aperçoivent à leur surface, l'une en dedans et en haut, l'autre en dehors et en bas. Quand on les a incisés, ils offrent une cavité centrale lisse à l'intérieur dans les tortues, les serpents et les lézards : celle d'un tubercule communique avec la cavité du tubercule opposé. Dans tous les ordres de reptiles, outre les tubercules bijumeaux, que plusieurs anatomistes regardent à tort comme les analogues des couches optiques de l'homme et des mammifères, on remarque, plus en avant, une paire de ganglions peu volumineux et correspondant aux couches optiques du cerveau humain. Quelques unes des racines des nerfs visuels s'implantent également sur cette paire de ganglions. En examinant l'encéphale de plusieurs grands reptiles (*caret*, etc.), Tiedemann (8) y a découvert, après l'avoir fait macérer dans l'alcool, des fibres médullaires qui, naissant des cordons latéraux de la moelle, se répandaient dans les parois creuses des éminences bigéminées : or l'ensemble des fibres précédentes n'était autre chose que le ruban de

(1) *Opera minora*, t. III, p. 198.
(2) *Mém. de l'Acad. des sciences*. Sav. étrang., t. VII, 1776.
(3) *Anat. disquis. de auditu et olfactu*. Pavie, 1789.
(4) *Dissert. de piscium cerebro et medullâ spinali*, p. 23. Halle, 1813.
(5) *Anat. comp.*, trad. de Jourdan, t. I, p. 69. Paris, 1835.
(6) *Ouvrage cité*, p. 204.
(7) *Vergleichende Anatomie des Gehirns der Grätenfische*, im *Archives für Anatomie*, etc., von J. Muller. Berlin, 1835.
(8) *Ouvrage cité*, p. 202.

Reil, aboutissant, chez l'homme et les mammifères, aux tubercules quadrijumeaux; ce qui démontre, selon Tiedemann, que les éminences qui nous occupent correspondent réellement à ces tubercules. D'ailleurs, leur volume est en raison directe de celui des yeux et des nerfs optiques; de sorte que cet anatomiste les a trouvées plus considérables chez les lézards et le dragon que dans les chéloniens. Elles ressemblent encore aux tubercules quadrijumeaux du fœtus humain durant les premiers mois, en ce sens qu'elles ne sont pas réunies, comme cela a lieu déjà chez les oiseaux, mais au contraire séparées dans toute leur longueur, et que les bords de leurs parois recourbées se touchent seulement sans adhérer ensemble d'une manière intime sur elles-mêmes.

Les anatomistes ont beaucoup discuté sur la question de savoir si l'encéphale des oiseaux possède ou non des parties analogues aux tubercules quadrijumeaux de l'homme et des mammifères. « *In volucribus*, dit Willis (1), *nates et testes omninò desunt.* » Si l'on prend le terme de tubercules quadrijumeaux dans son acception rigoureuse, Willis avait eu raison de nier leur existence chez les oiseaux. Mais Gall (2), Carus (3), Tiedemann (4), etc., ont démontré que cet organe encéphalique se retrouve dans la classe précédente, avec une forme et des rapports différents de ceux qu'on lui connaît chez l'homme et les mammifères parvenus à l'âge adulte.

Au-devant du cervelet, au-dessous et en arrière des lobes dits cérébraux, sont deux corps globuleux, grisâtres dans la plus grande partie de leur étendue, et comme implantés sur la partie externe et supérieure de la moelle épinière. Ces corps sont les tubercules bijumeaux (*lobes optiques* de quelques auteurs) : leur masse est formée de substance grise; ils reçoivent des fibres blanches venant de la moelle, et fournissent aux nerfs visuels une double racine.

Collins (5), Haller (6), Vicq-d'Azyr (7), Ebel (8), Cuvier (9), etc., les ont assimilés aux couches optiques des vertébrés supérieurs.

Gall (10) est le premier qui les ait regardés comme les analogues des *nates* ou de la paire antérieure des tubercules quadrijumeaux. Cette opinion a été adoptée plus tard par Carus (11) et par Cuvier lui-même (12). « Ce que les anatomistes ont nommé *couches optiques* dans les oiseaux, dit Cuvier, n'est autre chose que les *nates* eux-mêmes. Les vraies couches optiques sont en avant, avec leur troisième ventricule, leurs pédicules de la glande pinéale, les deux commissures à la place ordinaire; en un mot, semblables en tout à celles des quadrupèdes, à la grandeur relative près. Les prétendues couches optiques sont, au contraire, entre la commissure postérieure et la valvule de Vieussens, l'aqueduc de Sylvius passe entre elles; c'est avec lui que communiquent les ventricules qui leur sont propres

(1) *Cerebri anat.*, cap. II, p. 19. Amsterdam, 1683.
(2) *Anat. et physiol. du syst. nerv.*, t. I, p. 83, 87. Paris, 1810.
(3) *Versuch einer Darstellung des Nervensystems.* Leipzick, 1815.
(4) *Ouvr. cité*, trad. de Jourdan, p. 199.
(5) *A system of anatomy, relating of the body of man, beasts, birds, insects and plants*, t. II. Londres, 1685.
(6) *De cerebro avium*, in *Op. min.*, t. III, p. 191.
(7) *Hist. de l'Académie des sciences de Paris*, ann. 1783.
(8) *Observat. nevrol.*, tab. I, fig. 12, 13.
(9) *Leçons d'anat. comp.*, t. II, p. 161 et suiv. Paris, an VIII.
(10) *Loc. cit.*
(11) *Anat. comp.* trad. de Jourdan, t. I, p. 87.
(12) Rapport à l'Institut sur un Mémoire de MM. Gall et Spurzheim, relatif à l'anatomie du cerveau, dans *Biblioth. méd.*, t. XXI, p. 41 et 42. 1808.

dans cette classe. Nous avons vérifié cette remarque importante; elle ne souffre pas de réplique. Or, comme les tubercules en question donnent évidemment naissance aux nerfs optiques dans les oiseaux, ils confirment l'origine qu'on donne à ces nerfs dans les mammifères et dans l'homme, au lieu de l'infirmer. »

Tiedemann adopte l'opinion de Gall avec une restriction : il considère les masses globuleuses, signalées plus haut, comme ne répondant pas seulement aux *nates*, mais à la masse entière des tubercules quadrijumeaux. Les arguments sur lesquels s'appuie cette manière de voir que nous adoptons, sont les suivants :

1° Les prétendues couches optiques des oiseaux (*tubercules bijumeaux*) correspondent manifestement, quant à leur situation, aux tubercules quadrijumeaux tels qu'on les observe dans le fœtus de l'homme; on les aperçoit tout à fait à découvert, circonstance qui se retrouve aussi dans ce dernier jusqu'au cinquième mois. 2° Elles sont très volumineuses, bigéminées, arrondies et lisses, comme dans le fœtus des premiers temps de la grossesse. 3° Elles contiennent une cavité (1) qui communique avec l'aqueduc de Sylvius, comme dans le fœtus. 4° Elles sont formées par des fibres médullaires qui s'élèvent des parties latérales de la moelle, se renversent de dehors en dedans, et s'unissent ensemble par le moyen d'une lamelle médullaire fort mince; une couche de substance grise se trouve mêlée avec ces fibres médullaires. 5° Enfin on aperçoit, immédiatement au-devant de ces éminences, deux petits renflements situés sur les pédoncules cérébraux, unis par une commissure, et entre lesquels existe le troisième ventricule. Ces derniers renflements sont donc les analogues de ceux auxquels on donne le nom de couches optiques, dans l'homme et les mammifères.

Ajoutons que le volume des tubercules bijumeaux chez les oiseaux, comme chez les poissons et les reptiles, est en rapport avec celui des nerfs optiques; et qu'il n'existe, au contraire, ni dans les oiseaux, ni dans les autres vertébrés, aucun rapport de développement entre ces nerfs et les renflements désignés sous le nom de couches optiques.

Quant aux tubercules quadrijumeaux des mammifères, ils présentent à la vérité, dans les divers ordres de cette classe, quelques différences dignes de remarque, mais sur lesquelles nous ne devons point insister en ce moment, puisque la détermination de ces organes ne saurait laisser aucun doute.

Moelle allongée. — Il importe de faire observer tout d'abord que cette dénomination n'est qu'une expression vague que l'on a conservée, sans savoir précisément ce que l'on voulait désigner, et dont chacun a étendu ou restreint la signification; de sorte que, le même mot ne s'appliquant plus aux mêmes objets dans les divers écrivains, il en résulte une grande confusion pour l'étude.

Ainsi quelques anatomistes comprennent dans la *moelle allongée* le bulbe, la protubérance, les pédoncules, les tubercules quadrijumeaux, les couches optiques, les corps striés, en un mot, tout ce qui n'est pas cerveau ou cervelet : Haller appelle *moelle allongée* seulement le bulbe rachidien; tandis que d'autres auteurs nomment ainsi la réunion du bulbe, de la protubérance, des pédoncules cérébraux et cérébelleux, c'est-à-dire toutes les parties blanches ou médullaires que l'on aperçoit à la base de l'encéphale.

(1) Elles ont un ventricule dans les oiseaux où le sens de la vue est le plus exalté, comme les lobes olfactifs dans les mammifères où c'est le sens de l'odorat qui l'emporte sur les autres (Vicq-d'Azyr, *loc. cit.*).

On comprendra facilement combien est défectueuse, au point de vue anatomique, la qualification de *moelle allongée*, appliquée exclusivement à certaines rties de l'encéphale, quand on saura que la moelle épinière s'allonge, ou se prolonge, aussi bien dans le cerveau et le cervelet que dans les autres dépendances icéphaliques.

Malgré le vice d'une pareille dénomination, nous croyons devoir la conserver, omme ayant cours dans la science, en prévenant le lecteur que nous ne l'appliquerons qu'au *bulbe rachidien* et à *la protubérance* (mésocéphale) des mammires ou à ce qui tient lieu de cette dernière chez les autres vertébrés. Mais, comme s fonctions de l'une sont, à notre sens, bien distinctes des fonctions de l'autre, ous ne penserons point, à l'exemple de plusieurs physiologistes qui pourtant aient manifestement en vue la protubérance et le bulbe réunis, avoir fait connître le rôle de la *moelle allongée*, alors qu'il ne se sera agi que de celui de ine de ses parties constituantes, du *bulbe* ou organe premier moteur du mécasme respiratoire (1).

Les animaux dont le cervelet est dépourvu de lobes latéraux manquent des res transverses superficielles de la protubérance, fibres désignées sous le nom *pont de Varole* et servant de commissure inférieure aux hémisphères cérébelix : aussi le pont de Varole, qui forme un bourrelet saillant au-devant du bulbe au-dessous des pédoncules cérébraux, n'existe-t-il que chez les mammifères, où est dans un rapport constant de volume avec les hémisphères précédents (2).

Il faut distinguer le pont de Varole d'une autre couche fibreuse transversale, is étroite, qui lui est postérieure : désignée sous le nom de *trapèze* par Trévinus, de *pont inférieur* par Étrus, elle se rencontre chez la plupart des mamfères, et laisse passer au-devant d'elle les pyramides. Le trapèze diffère du pont Varole par son point de départ aussi bien que par ses rapports : chaque moitié trapèze commence sur la paroi antérieure du quatrième ventricule au niveau *tænia grisea* des frères Wenzel, contourne le bulbe en dehors, puis en avant, sse derrière la pyramide correspondante, et se joint sur la ligne médiane, à la oitié opposée ; tandis que les fibres transversales du pont de Varole sortent de paisseur des hémisphères cérébelleux, passent constamment au-devant des ramides, et les recouvrent dans une partie de leur trajet.

Mais, de ce que le pont de Varole manque chez les oiseaux, les reptiles et les issons, il ne faudrait pas en conclure la non-existence de la protubérance proement dite, chez ces animaux : car ce qui constitue essentiellement la proturance, ce ne sont point ses fibres transverses superficielles dont les usages nblent se lier à ceux des lobes latéraux du cervelet, mais bien un amas central substance grise, qui la rend apte à représenter un foyer d'innervation. Or, ez les animaux de ces trois dernières classes, on trouve, à la suite du bulbe et mme confondu avec lui, un pareil amas de substance grise, plus ou moins sailit, recouvert d'une couche mince de substance blanche, et que, par conséent, au point de vue anatomique et physiologique, nous sommes amené à nsidérer comme l'analogue de la protubérance (mésocéphale) des mammifères.

Quant au bulbe rachidien des mammifères comparé à celui de l'homme, on

(1) Flourens. *Rech. expér. sur les prop. et les fonct. du syst. nerv.*, 2e édit., p. 186. Paris, .2.

(2) Le pont de *Varole* n'existait point chez une jeune fille, âgée de dix ans, qui manquait de velet (Cruveilhier, *Anat. descript.*, t. IV, p. 604. Paris, 1836).

peut remarquer que les *tubercules cendrés* ne paraissent point exister chez l premiers : il en est de même des tractus blancs qui se voient chez l'homme, sur paroi antérieure du ventricule cérébelleux, et dont quelques uns concourent l'origine du nerf acoustique. Les corps olivaires qui ont atteint leur summum développement dans l'espèce humaine, sont, le plus souvent, impossibles à ape cevoir sur le bulbe des mammifères; à plus forte raison chez les poissons, l reptiles et les oiseaux, ne rencontre-t-on plus aucun vestige des dispositio précédentes. Nous avons déjà mentionné, à la face postérieure du bulbe de ce tains poissons, l'existence de divers renflements ganglionnaires qu'il y aur erreur à regarder comme dépendants soit du cervelet, soit du bulbe lui-même

Après cette rapide exposition comparative de l'encéphale dans les quatre clas de vertébrés, nous abordons la tâche qui consiste à déterminer d'une maniè générale les propriétés des diverses parties de cet organe, et leur rôle soit da les phénomènes de la pensée et des sensations, soit dans les mouvements de loc motion : leurs rapports avec les mouvements de conservation et certaines fonctio nutritives ne seront déterminés que plus tard.

Et d'abord, cherchons à discerner les parties encéphaliques qui ont la pr priété d'exciter les contractions musculaires, de celles qui ont la propriété sentir les impressions ; en d'autres termes, à distinguer, dans l'encéphale, les part excitables des parties sensibles.

Parties excitables de l'encéphale.

Nous appelons *excitables* celles des parties encéphaliques qui, sous l'influen d'un stimulus immédiat quelconque, peuvent donner lieu à des secousses convu sives. Or, en procédant par voie d'exclusion, il est facile de démontrer que ces pa ties sont peu nombreuses, et que, dans l'encéphale, leur masse relative est fort p tite : en effet, ni les lobes cérébraux, ni le cervelet, ni les couches optiques, ni corps striés (c'est-à-dire environ les neuf dixièmes de la masse encéphalique) sont excitables ; restent, par conséquent, le bulbe rachidien, la protubérance, divers pédoncules et les tubercules quadrijumeaux ou bijumeaux, qui, comme le verra plus bas, ne possèdent même pas l'excitabilité dans toute leur épaisseu

Sur des chiens, des chats et des lapins, chez un grand nombre d'oiseaux, j eu occasion d'irriter mécaniquement la substance blanche des hémisphères cér braux ; de la cautériser avec la potasse, l'acide azotique, le fer rouge, etc. ; faire passer des courants électriques en divers sens, sans parvenir jamais à met en jeu la contractilité musculaire involontaire, à développer des secousses convu sives : même résultat négatif en dirigeant les mêmes agents sur la substance gr ou corticale.

Des expériences analogues sur les deux substances du cervelet, sur les couch optiques et les corps striés, ne sauraient non plus me laisser aucun doute l'inaptitude de ces organes à exciter des contractions musculaires, sous l'influen d'irritations artificielles et immédiates.

Si quelques expérimentateurs, Haller, Zinn (1), etc., ont vu survenir mouvements convulsifs en blessant la substance médullaire soit des lobes cé braux, soit du cervelet, c'est qu'évidemment, comme le prouve le récit de

(1) *Mémoires sur la nature sensible et irritable des parties du corps animal.* Lauzanne, 17 t. I. p. 201 et suiv. *Expér.* 138, 139, 140 et suiv., et *Expér.* 151 et 152, § 6, p. 207 et 208.

...upart de leurs expériences, ils lésaient en même temps la moelle allongée dont ... stimulation peut provoquer, en effet, des contractions musculaires.

Du reste, Lorry (1) avait déjà parfaitement relevé cette erreur en établissant, ... l'aide de ses propres expériences, les mêmes résultats négatifs que j'ai mentionnés plus haut, et qui, après lui, ont été confirmés par les expériences de ...lourens (2), de Hertwig (3), etc., et par les nôtres (4). En effet, Lorry (*loc. cit.*) ...it : « La seule partie, entre celles qui sont contenues dans le cerveau, qui m'ait ...aru capable uniformément et universellement d'exciter des convulsions, c'est la ...oelle allongée. *C'est elle qui les produit à l'exclusion de toutes les autres par...es*, etc. »

Est-il besoin de faire observer que, sous la dénomination de *moelle allongée*, ...orry entend désigner ici le bulbe, la protubérance et les tubercules quadri...meaux ?

L'excitation de la surface de ces tubercules, et même de leur substance grise ...énudée, n'a occasionné dans nos expériences aucune réaction musculaire : il m'a ...oujours fallu pénétrer assez avant et jusqu'aux fibres médullaires pour obtenir ...es contractions. Ces expériences, exécutées immédiatement après la mort des ...nimaux, donnent des résultats moins complexes que durant la vie, en ce sens ...ue les mouvements généraux suscités par la douleur ne viennent plus s'associer ...ux secousses convulsives dues à une irritation toute locale. Celles-ci apparaissent, ...hez les mammifères et les oiseaux, principalement du côté opposé au tubercule ...ue l'on excite. De semblables effets ne sauraient surprendre, quand on se rap...elle que le faisceau antéro-latéral ou moteur de la moelle a des connexions intimes ...vec les tubercules quadrijumeaux ; mais ils tendent surtout à démontrer que, ...ans les précédentes expériences, les contractions musculaires ont dû dépendre ...e la stimulation des faisceaux médullaires qui s'engagent au-dessous de ces tuber...ules, et non de celle de leur substance propre.

Quant à la protubérance annulaire, l'excitation directe de ses fibres transverses ...uperficielles (*pont de Varole*) ne m'a point paru donner lieu à des convulsions ...ppréciables ; il en a été de même en arrière. Mais celles-ci sont devenues très mani...estes, quand le stimulus a été dirigé dans l'intérieur de la protubérance, toutes les ...ois, par exemple, que les extrémités des réophores ont été plongées assez profon...ément pour faire passer un courant électrique dans l'épaisseur de cet organe.

Le bulbe rachidien n'est excitable que dans ses deux tiers antérieurs. Cepen...ant je dois faire observer qu'en expérimentant, immédiatement après la mort, ...ur son tiers postérieur, on peut déterminer de légères contractions ; mais ces ...ontractions, qu'on doit rapporter au pouvoir réflexe, cessent bientôt ; tandis ...u'elles continuent de se montrer avec une grande énergie si l'on stimule la région ...ntérieure du bulbe. Opère-t-on, chez l'animal vivant, sur la région postérieure ...rès sensible de cet organe, on observe alors des mouvements généraux de réac...ion contre la douleur, que d'ailleurs il sera facile de ne pas confondre avec les ...ecousses convulsives involontaires dues à l'excitabilité.

L'excitabilité des pédoncules cérébraux, dans leur étage inférieur, ne saurait ...tre révoquée en doute : toutefois, elle ne se manifeste qu'à certaines conditions,

(1) *Mémoires de l'Acad. des sc.* Rec. des savants étrangers, t. III, p. 370. 1760.
(2) *Rech. expér. sur les prop. et les fonct. du syst. nerv.*, etc., 2e édit., p. 20 et suiv.
(3) *Experimenta quædam de effectibus læsionum in partibus encephali.* Berlin. 1826.
(4) *Ouv. cit.*, t. I, p. 643. 734.

et disparaît avec une grande rapidité, comme j'ai eu occasion de le constater dan des expériences électro-physiologiques dont les résultats seront exposés plus tard.

Il paraît résulter de ce qui précède que le bulbe, la protubérance, les tuber cules quadrijumeaux et les pédoncules cérébraux ne sont excitables que dans le points de leur épaisseur qui sont parcourus par les faisceaux antérieurs de l moelle, eux-mêmes très excitables au niveau de cet organe, et destinés à trans mettre aux muscles l'agent incitateur de leur contraction.

Mais dès lors, comment expliquer le défaut d'excitabilité des couches optiques, de corps striés, des lobes cérébraux et du cervelet, puisque l'anatomie démontre qu ces mêmes faisceaux les parcourent et s'y épanouissent? Des différences aussi tran chées dans les propriétés des divers ganglions de l'encéphale, qui pourtant présen tent une pareille analogie dans leur constitution anatomique, ne tiendraient-elles poin à ce que, comme les premiers, ces derniers ganglions ne rempliraient plus le rôl de conducteurs, mais bien celui d'organes élaborateurs du principe du mouvement

Quoi qu'il en soit, on tomberait dans une grave erreur, si, généralisant ce qu l'expérimentation révèle, on en induisait que, dans les affections morbides de lobes cérébraux, du cervelet, des couches optiques ou des corps striés, che l'homme, tout doive se passer nécessairement comme dans les expériences. En effet, dans les affections aiguës ou chroniques de ces organes, on voit, au con traire, survenir fréquemment des convulsions partielles, des phénomènes épilep tiformes; et nous avons relaté ailleurs (*ouv. cit.*, t. I) des cas assez nombreu où, après des lésions traumatiques des lobes cérébraux ou du cervelet, pa exemple, les blessés n'ont offert consécutivement d'autres accidents que de attaques d'épilepsie. Pour expliquer l'invasion des phénomènes convulsifs, non seulement dans ces cas, mais encore dans les précédents, l'induction expérimen tale porte à supposer ou bien que, chez l'homme, les maladies peuvent fair surgir au sein des organes indiqués des irritations telles qu'un stimulus artificie et immédiat ne saurait en produire (comme, du reste, les maladies développen de la douleur dans des organes qui paraissent insensibles à nos moyens ordinaire d'irritation), ou plutôt encore à admettre qu'alors les parties réellement excitable de l'encéphale humain se trouvent stimulées sympathiquement, en vertu de cette solidarité et de ce consensus auxquels nous avons déjà fait allusion.

Parties sensibles de l'encéphale.

Les ganglions encéphaliques dont la stimulation artificielle et immédiate peut don ner lieu, chez l'animal, à toutes les manifestations ordinaires de la souffrance, ne re présentent qu'une bien faible portion de l'encéphale; et chose digne de remarque, que les expériences sur les animaux vivants pouvaient seules révéler, l'insensibilité absolue se retrouve dans les régions non excitables de cet organe, et la propriété de sentir seulement dans celles qui possèdent l'excitabilité. Toutefois, empressons-nous de dire que, dans ces dernières régions, il existe un siége distinct pour ces deux propriétés.

Aristote (1) et Galien (2) avaient déjà avancé que la substance du cerveau peut être touchée sans occasionner de la douleur. André Dulaurens (3), en rappelant

(1) *De partibus animalium*, lib. II, cap. VII.

(2) *De causis symptomatum*, lib. I, cap. VIII; lib. III.

(3) *Historia anatomica humani corporis et singularum ejus partium*, in-folio, p. 549. Paris, 1600.

leur assertion, affirme qu'il l'a souvent vérifiée dans ses expériences : « *Vulneratum enim cerebrum*, dit-il, *nihil sentit, quamvis acuto specillo ejus substantiam premas, aut de eadem aliquid detrahas, quod ego sæpius observavi.* » Cortesi (1) partage la même opinion. « La substance du cerveau, dit Lorry (2), est absolument insensible. J'ai fait souvent différentes tentatives pour irriter et sa substance corticale et sa substance médullaire, soit avec des liqueurs irritantes, soit avec des instruments tranchants ou contondants, mais inutilement. » Lecat (3) est arrivé au même résultat négatif.

Aujourd'hui, presque tous les expérimentateurs s'accordent à reconnaître qu'on peut diviser par couches les lobes cérébraux sans produire la moindre apparence de douleur chez l'animal.

Cependant Haller (4) avait émis une opinion opposée. Il avoue franchement (5) qu'il n'a pas assez varié ses expériences pour pouvoir marquer avec précision la différence qu'il peut y avoir entre les blessures des différentes parties du cerveau, mais pourtant il les croit suffisantes pour prouver que la partie médullaire de cet organe est *extrêmement sensible*. En lisant le récit des expériences de Haller, on peut se convaincre facilement que ce grand homme n'est arrivé à une pareille conclusion que parce qu'il lésait des parties étrangères aux lobes cérébraux. La lésion, dit-il, de la substance corticale (*Exp.* 137, 146) fut faite sans que l'animal s'en aperçût. Cependant (*Exp.* 148) il ajoute « qu'ayant percé lentement et légèrement la substance corticale avec une sonde, un chevreau ne laissa pas que de faire entendre des cris pitoyables. » Puis, son opinion définitive (p. 205) est que « la substance corticale ne paraît pas fort sensible. » Haller (*El. phys.*, t. IV, p. 313) cite Kaaw-Boerhaave, Thomson, Ridley, Drelincourt, Swammerdam, Zinn, etc., comme ayant aussi démontré l'extrême sensibilité de la substance médullaire des lobes cérébraux.

De nos jours, Serres (6) a adopté le sentiment de Haller : « Toutes les fois, dit-il, que l'on plonge un instrument à une certaine profondeur, soit dans les lobes cérébraux, soit dans le cervelet, une douleur vive se manifeste. » Serres ajoute que, chez les oiseaux, les lobes cérébraux et le cervelet sont beaucoup moins sensibles que chez les mammifères, et que *toutes* les expériences d'après lesquelles on préjuge l'insensibilité des lobes cérébraux ont été faites sur des oiseaux.

Cette dernière assertion n'est pas justifiée, puisque Lorry (*mém. cité*), Lecat (7) et Flourens (*ouv. cit.*, p. 19) ont exécuté une partie de leurs expériences sur des chiens.

Nos propres expériences ont été faites sur des chiens, des chats, des chevreaux, des lapins, et enfin sur des pigeons. Nous les avons reproduites dans nos cours un grand nombre de fois, et constamment, chez tous ces animaux, nous avons trouvé la substance corticale et la substance médullaire des lobes cérébraux complétement insensibles à toute espèce d'irritations mécaniques ou chimiques. A nos yeux, c'est là une vérité expérimentale des mieux établies.

(1) *In librum Hippocratis De vulneribus capitis commentarius*. p. 49. Messine. 1632.
(2) *Mém. de l'Acad. des sc.* Rec. des savants étrangers, t. III, p. 352, 1760.
(3) *Traité de l'existence, de la nature et des propriétés du fluide des nerfs.* Berlin, 1765. p. 290.
(4) *Elementa physiol.*, t. IV, lib. X, § 20, p. 312. *Voy.* surtout les *Mém. sur la nature sensible et irritable des parties du corps animal*, t. I. Lausanne. 1756. *Exp.* 134 et suiv.
(5) *Mém. cités*, t. I, p. 198.
(6) *Anatom. comp. du cerveau*, t. II, p. 662. Paris. 1827.
(7) *Traité de l'exist., de la nat. et des propr. du fluide des nerfs*. p. 290. Berlin. 1765.

On a coutume de citer, à l'appui de cette vérité, les nombreuses observations de lésions traumatiques de la tête, dans lesquelles les chirurgiens ont pu toucher le cervau de l'homme, ou même en enlever des portions, sans provoquer aucun signe de douleur; mais il faut convenir que, dans la plupart de ces cas, l'attouchement ou l'ablation a porté sur de la substance cérébrale désorganisée.

Il est à présumer néanmoins que le cerveau de l'homme est, comme celui des mammifères, insensible aux lésions mécaniques.

Haller et Zinn (1) n'ont pratiqué qu'un bien petit nombre d'expériences sur le cervelet, et ne se sont pas prononcés sur la question de savoir si cet organe est sensible ou non. Probablement qu'ils le supposaient sensible, d'après leurs essais sur les lobes cérébraux : quant à Pourfour du Petit (2), Saucerotte (3), etc., ils ont pensé qu'il en était ainsi, et que les lésions du cervelet donnaient à tout le corps une vivacité de sentiment extraordinaire. Flourens (4), Bouillaud (5), Hertwig (6), etc., ont au contraire démontré l'insensibilité du cervelet.

Dans aucune de nos expériences, quand la lésion était bien limitée à cet organe, nous n'avons vu les animaux (chiens, chats, lapins, pigeons, etc.) manifester de la douleur. Les expérimentateurs qui ont obtenu des résultats opposés allaient évidemment trop loin, et lésaient la face postérieure du bulbe rachidien ou de la protubérance annulaire, qui, jouissant d'une exquise sensibilité, est contiguë au cervelet. Pourvu que l'on n'exerce aucun tiraillement sur les deux corps restiformes, cet organe peut être successivement coupé par tranches, comme les lobes cérébraux, sans que l'animal paraisse s'en apercevoir.

Si donc il existe des observations qui prouvent que les maladies des lobes cérébraux ou du cervelet ont pu être accompagnées de céphalalgies extrêmement douloureuses, il est permis de croire que ce symptôme s'explique par la réaction sympathique des parties voisines, ou bien d'admettre que les maladies peuvent développer dans ces organes encéphaliques, comme dans beaucoup d'autres organes, une sensibilité anormale, qui par conséquent n'existerait point dans les conditions physiologiques.

Comme les hémisphères cérébraux et le cervelet, les couches optiques et les corps striés peuvent être piqués, dilacérés, soumis à l'action d'irritants de toutes sortes, sans qu'il y ait manifestation d'aucun signe de douleur.

Mais il n'en est plus de même des tubercules quadrijumeaux, de la protubérance annulaire et du bulbe rachidien, qui pourtant n'offrent une sensibilité appréciable que dans certains points qui vont être déterminés.

La surface des tubercules quadrijumeaux ou bijumeaux, chez les mammifères et les oiseaux, ne m'a pas paru être sensible aux irritations mécaniques; mais aussitôt qu'on pénètre dans leur épaisseur, des douleurs vives éclatent, et l'animal pousse des cris ou se débat avec violence. Cet effet peut s'expliquer par le voisinage d'une portion du faisceau postérieur de la moelle, qui se prolonge au-dessous de ces tubercules; il ne prouve peut-être pas que leur propre substance soit sensible à nos irritants ordinaires.

(1) *Mémoires sur la nature sensible et irritable des parties animales*, t. 1, p. 206, § 6. *Exp.* 149 et suiv. Lausanne, 1756.

(2) *Rec. de Louis. — Prix de l'Académie de chirurgie*, t. IV, p. 379. Paris, 1819, in-8°.

(3) *Prix de l'Acad. de chir.*, t. IV, p. 316. — *Expér.* 20 et 21; même édition.

(4) *Ouvr. cité*, 2e édit., p. 75.

(5) *Rech. clin. et expérim. sur le cervelet*, p. 26. *Mém. extr. des Arch. génér. de méd.*

(6) *Experim. quædam de effectibus læsionum in partibus encephali*. Berlin, 1826.

Toutes les fois que, chez les animaux vivants, il m'est arrivé de toucher, même légèrement, la face postérieure de la protubérance annulaire, il y a eu manifestation des douleurs les plus vives; ce qui s'explique encore par la présence, dans ce point, des divisions ascendantes des corps restiformes. Le plus souvent l'introduction d'un stylet dans l'épaisseur de l'organe, et surtout à sa partie antérieure, n'a pas paru être douloureuse; seulement il est survenu des secousses convulsives des quatre membres, de la face, etc. Quand, en agissant de la sorte, il y a eu de la douleur, il est présumable que le tronc ganglionnaire du trijumeau, qui plonge dans la protubérance, avait été rencontré par l'instrument. Comme je n'ai jamais pu irriter le pont de Varole (fibres transversales superficielles), sans l'écarter un peu de la gouttière basilaire, et sans exercer un certain tiraillement sur les nerfs trijumeaux, je ne saurais dire si l'animal a poussé des plaintes à cause de ce tiraillement ou de l'irritation directe des fibres transverses du pont.

Quant au bulbe rachidien, il est sensible seulement à sa face postérieure, où se rencontrent les *corps restiformes* : ceux-ci continuent les cordons postérieurs de la moelle, qui, jouissant d'une exquise sensibilité dans toute la longueur de cet organe, sont destinés, comme on l'a vu, à la transmission des impressions.

Les deux séries d'expériences auxquelles nous venons de nous livrer, expériences qui établissent la distinction, dans l'encéphale, de parties excitables et de parties sensibles, autorisent à conclure :

1° que la sensibilité et l'excitabilité dans les ganglions encéphaliques qui en sont doués (bulbe, protubérance, tubercules quadrijumeaux), sont dues seulement aux faisceaux sensibles et excitables que la moelle y envoie; 2° que ces mêmes faisceaux, dont la sensibilité et l'excitabilité sont si appréciables au niveau des précédents organes, perdent ces propriétés, dès qu'ils se sont engagés dans l'épaisseur des lobes cérébraux, du cervelet, des couches optiques et des corps striés.

Ce dernier résultat expérimental, que le raisonnement était bien loin de faire prévoir, est assurément digne d'intérêt. Nous reviendrons ailleurs sur une aussi curieuse métamorphose dans les propriétés des fibres nerveuses.

Existe-t-il, dans l'encéphale, un siége distinct pour l'intelligence, la sensibilité et la motricité ?

Avoir démontré que, dans la masse encéphalique, il y a des parties sensibles et d'autres insensibles, des parties excitables et d'autres inexcitables, ce n'est point encore y avoir déterminé les organes centraux et élaborateurs soit du principe du sentiment, soit du principe du mouvement; à plus forte raison, de semblables faits ne nous apprennent-ils rien sur le siége de l'intelligence dans l'encéphale. Ajoutons d'ailleurs qu'il y aurait erreur grave à conclure de l'insensibilité et de l'inexcitabilité des lobes cérébraux, du cervelet, des couches optiques et des corps striés, que ces parties sont complétement étrangères à l'exercice des fonctions sensitives et locomotrices.

Tous les physiologistes savent que, chez l'homme, les qualités morales les plus nobles, et les facultés de comparer des impressions, de former des jugements, d'associer des idées, d'exprimer des souvenirs, etc., s'affaiblissent ou disparaissent avec les lésions graves de l'encéphale; que la simple compression de ce viscère produit un état d'hébétude qui cesse avec cette compression elle-même; que le développement de l'intelligence et des aptitudes morales suit pas à pas, dans l'enfance, l'évolution et le perfectionnement de la masse encéphalique; qu'un arrêt de déve-

loppement, une mauvaise conformation de cette masse suffisent pour occasionner l'imbécillité ou l'idiotisme...., etc. En un mot, chacun admet comme une vérité incontestable, que l'encéphale préside aux phénomènes intellectuels et affectifs.

Mais, l'encéphale étant un organe à fonctions multiples, les dissentiments commencent quand il s'agit de choisir, dans l'ensemble, celles de ses parties qui coopèrent à la manifestation des facultés intellectuelles, morales et affectives : les uns désignent les *lobes cérébraux*, à l'exclusion du cervelet; les autres sont bien loin de croire que le cervelet soit étranger à ces mêmes facultés.

Sans vouloir entrer, dès à présent, dans l'examen de toutes les questions relatives à un pareil sujet, nous nous bornerons à mentionner quelques unes des preuves qui doivent faire regarder les lobes cérébraux comme le siége des facultés supérieures de l'âme.

L'anatomie comparée, en démontrant que l'encéphale devient de plus en plus considérable à mesure qu'on s'élève dans la série des vértébrés, depuis les poissons jusqu'à l'homme, nous apprend de plus que ce ne sont point toutes les parties de cet organe qui se développent en raison des facultés intellectuelles, mais que sa prépondérance, chez les animaux supérieurs, se rattache surtout à l'accroissement des lobes cérébraux ou du cerveau proprement dit : chez l'homme en particulier, l'accroissement relatif de ce dernier est tel, que, sous ce point de vue, peu d'espèces animales approchent de la nôtre.

Outre qu'ils augmentent de volume, relativement aux autres ganglions encéphaliques, les lobes cérébraux, chez les mammifères les plus intelligents, s'ondulent à leur surface : aussi, quand on considère que les animaux inférieurs n'offrent jamais d'ondulations ou circonvolutions cérébrales, que les animaux supérieurs en sont toujours pourvus, et que, chez l'éléphant par exemple, de tous le plus intelligent, ces circonvolutions sont les plus nombreuses et se rapprochent le plus de celles de l'homme, il devient difficile de ne pas admettre *qu'en général* la présence ou l'absence des circonvolutions cérébrales doive avoir, comme condition organique, une étroite liaison avec le degré de l'intelligence.

Chez les idiots, à part les hémisphères cérébraux qui se font remarquer par leur atrophie ou l'absence partielle des circonvolutions, les autres parties de l'encéphale sont ordinairement bien conformées; autre preuve que c'est en effet dans les hémisphères qu'il faut chercher le siége des facultés intellectuelles (1).

Dans un autre ouvrage (*ouvr. cit.*, t. I, p. 666 et suiv.), j'ai rapporté quelques observations qu'on pourrait objecter ici; observations ayant trait à la persistance des phénomènes de la pensée, chez certains individus, en l'absence presque complète d'un hémisphère cérébral. A cela, je répondrai que si, en effet, l'observation démontre que, dans pareils cas, ces phénomènes peuvent exceptionnellement se conserver avec le même degré d'intensité, elle établit également qu'ils ne peuvent se manifester d'une manière aussi continue qu'à l'état normal (*loc. cit.*). De semblables faits ne déposent donc aucunement contre la précédente opinion sur le siége de l'intelligence ; ils prouvent seulement que l'hémisphère sain, pour produire le même résultat intellectuel que les deux réunis, doit déployer une somme d'activité plus grande, d'où nécessairement une fatigue plus prompte.

D'ailleurs, les observations pathologiques, dans lesquelles les altérations des

(1) Si Malacarne a rencontré, chez des idiots, le nombre des lames du cervelet inférieur à celui qui existe à l'état normal, il faut noter que cette espèce d'arrêt de développement coïncidait d'ailleurs avec celui des lobes cérébraux et de leurs circonvolutions.

deux lobes cérébraux ou même d'un seul se sont traduites par divers désordres intellectuels, sont si nombreuses que les faits précédents peuvent être regardés comme des exceptions, seulement apparentes, dues à ce que, la lésion s'étant effectuée d'une manière extrêmement lente et graduelle, l'hémisphère sain a eu le temps de s'habituer à suppléer l'hémisphère atrophié.

Les expériences peuvent également concourir à établir le rôle du cerveau proprement dit, dans l'exercice des facultés intellectuelles et instinctives.

Les animaux privés de leurs lobes cérébraux, dit Flourens (1), perdent toute perception, toute intelligence en général ; ils perdent encore jusqu'à ces instincts propres, inhérents à chaque espèce, et si tenaces en chacune d'elles. D'un autre côté, comme nul de ces instincts, comme nulle des facultés intellectuelles et perceptives ne se perd par l'ablation du cervelet ou par celle des tubercules quadrijumeaux, il en résulte, ajoute cet auteur, que tous ces instincts, que toutes ces facultés appartiennent donc bien exclusivement aux lobes cérébraux. Selon Bouillaud, « il est douteux que les lobes cérébraux soient le réceptacle unique de tous les instincts, de toutes les volitions (2). »

Cet observateur admet néanmoins qu'un oiseau dépourvu de ses lobes cérébraux (3) est profondément stupide, qu'il ne connaît ni les objets, ni les lieux, ni les personnes, qu'il est complétement privé de mémoire en tout ce qui concerne cette connaissance, qu'il n'a plus l'instinct de se nourrir, de se défendre, etc., qu'en un mot, on ne remarque plus chez lui aucune trace de combinaisons intellectuelles.

Toutefois, on peut admettre que c'est être trop exclusif que d'affirmer que chez les oiseaux, par exemple, tous les instincts, tous les penchants se perdent par la soustraction des lobes cérébraux ; puisque des poules, privées de ces lobes, peuvent encore obéir à l'instinct du caquetage, placer, pour dormir, leur tête sous l'aile, faire des tentatives pour s'échapper lorsqu'on cherche à les retenir avec la main, marcher spontanément, nettoyer et lisser leurs plumes avec le bec, etc. (4).

De ce que les lobes cérébraux président seuls aux fonctions intellectuelles, on n'est donc pas suffisamment autorisé à conclure qu'ils sont aussi le siége exclusif de toutes les facultés instinctives.

On a été plus loin, et l'on a prétendu qu'il existait, dans les hémisphères cérébraux, des siéges spéciaux pour les diverses facultés de l'esprit et pour les différentes qualités morales et instinctives. Nous reconnaissons volontiers que cette hypothèse ne présente point d'impossibilité en elle-même, mais il n'est aucunement démontré, disons-le par anticipation, ni qu'elle soit vraie, en la considérant sous un point de vue purement général, ni surtout que les applications spéciales qu'on en a faites soient exactes. La valeur des arguments sur lesquels elle s'appuie sera examinée seulement quand nous nous occuperons de l'étude détaillée des fonctions propres aux lobes cérébraux.

Ces organes étant composés de deux substances, l'une blanche, intérieure, l'autre grise, extérieure ou *corticale*, on a cherché à déterminer si la lésion de l'intelligence, dans les maladies, dépendait d'altérations résidant spécialement dans l'une ou dans l'autre de ces substances : beaucoup d'observateurs ont été

(1) *Ouvr. cité*, p. 130.

(2) *Journ. de physiol. expérim.*, t. X, p. 97. 1830.

(3) Les mammifères ne survivant que quelques instants à l'ablation des lobes cérébraux, et, au contraire, les oiseaux y survivant pendant des semaines et des mois entiers, on conçoit que les études dont il s'agit n'ont pu être faites que sur des oiseaux.

(4) *Ouv. cit.* de Flourens, p. 89. — *Mém.* de Bouillaud, *Rec. cit.*, t. X, p. 44.

ainsi amenés à regarder la substance grise (*couche corticale des hémisphères*) comme plus spécialement affectée à l'exercice des facultés intellectuelles.

Si, pour l'instant, l'on veut bien partager cette opinion, qui sera discutée plus tard, nous ferons remarquer, en passant, que la couche corticale des lobes cérébraux nous a présenté, chez les divers individus, des différences notables d'épaisseur : aussi, deux cerveaux de volume égal peuvent-ils offrir une quantité fort différente de substance corticale, soit parce que, l'épaisseur de cette substance étant pourtant la même dans les deux cerveaux, l'étendue de leur surface diffère par suite de la profondeur différente des anfractuosités ; soit parce que, l'étendue des surfaces étant la même, la couche corticale a plus d'épaisseur dans un cerveau que dans l'autre.

Ajoutons que le degré de vascularité de la couche corticale est également très variable.

Il est peut-être permis de croire que toutes ces variétés d'organisation individuelle ne sont pas sans influence sur la puissance et l'étendue de l'intelligence, quand on considère que les circonvolutions, d'ailleurs petites et atrophiées, de beaucoup de cerveaux d'idiots, ne sont revêtues, relativement à l'état normal, que d'une quantité peu considérable de substance corticale partiellement décolorée ou atrophiée, ou quelquefois même détruite sur une assez grande surface.

Si les physiologistes reconnaissent assez unanimement le cerveau proprement dit (*lobes cérébraux*) comme le siége exclusif des facultés intellectuelles, il y a dissidence entre eux sur la détermination de la portion encéphalique qu'on doit regarder comme le siége de la faculté de *percevoir* les impressions.

Flourens (1) affirme qu'en perdant ses lobes cérébraux, l'animal perd la perception de toutes ses sensations. Au contraire, Magendie (2), Bouillaud (3), Gerdy (4), etc., se refusent à admettre que ces lobes soient l'organe unique des *perceptions*.

Chez les animaux, la *sensibilité générale* persiste malgré la soustraction des deux lobes cérébraux : c'est là, dans notre opinion, une vérité expérimentale facile à démontrer. En effet, les jeunes chiens et les lapins, auxquels nous avions fait subir une pareille mutilation, ont poussé des cris ou des gémissements, sont entrés dans une agitation extrême, toutes les fois que nous les avons soumis à l'action d'une cause de douleur physique. Bien plus, malgré l'ablation des corps striés, des couches optiques, des tubercules quadrijumeaux et du cervelet lui-même, *la protubérance annulaire et le bulbe restant seuls intacts*, plusieurs de ces animaux ont pu encore manifester, par des cris, la douleur que leur faisait éprouver le pincement du nerf trijumeau dans l'intérieur du crâne.

Les oiseaux pouvant survivre pendant plusieurs semaines et même pendant plusieurs mois (5), après l'ablation de leurs lobes cérébraux, il est facile de les soumettre à des observations multipliées. J'ai possédé des pigeons qui, ayant d'abord résisté à une semblable mutilation, ont survécu douze, quinze et dix-huit jours : j'ai vu ces animaux, plongés le plus ordinairement dans la somnolence, se réveiller, par intervalle, spontanément, ou sous l'influence d'une irritation assez

(1) *Ouv. cit.*, p. 79 (en note), 2e édit., 1842.
(2) *Précis élém. de physiol.*, t. I, p. 199. Paris, 1825.
(3) *Journ. de physiol. expér.*, t. X, p. 42. 1830.
(4) *Bulletin de l'Acad. de méd.*, t. V, n° 17, p. 247, 248 ; 15 juin 1840.
(5) Une poule privée de ses lobes cérébraux vécut *dix mois* (Flourens, *ouv. cit.*, 2e édit., p. 87).

légère de la peau; puis, étant éveillés, changer de place, marcher sans qu'on les y excitât, agiter leurs plumes, les lisser, les nettoyer avec le bec; s'appuyer tantôt sur une patte, tantôt sur l'autre, cacher celle qu'on pinçait; se frotter les narines avec vivacité, après l'inspiration de vapeurs ammoniacales; détourner la tête quand on piquait leur conjonctive; résister aux efforts qu'on faisait pour leur ouvrir le bec et y introduire de la nourriture; mis sur le dos ou sur le côté, se relever et reprendre facilement leur équilibre; rendre leurs excréments comme de coutume, etc. Or, il m'a semblé que la plupart de ces phénomènes, déjà signalés en partie par Flourens lui-même (*ouv. cité*, p. 32, 33, 89), ne pouvaient s'expliquer sans que les animaux eussent réellement *perçu* quelques sensations. Aussi je n'admets point que l'animal, dépourvu de ses lobes cérébraux, soit privé de la perception de toutes ses sensations.

Reste donc à déterminer le centre perceptif au moins des impressions tactiles.

Lorry (1) conclut de ses expériences qu'il faut le placer dans la moelle allongée (*protubérance* et bulbe réunis) qui, selon lui, est aussi « la source du mouvement »; et son opinion a trouvé un assez grand nombre d'adhérents parmi les physiologistes modernes (Serres, Desmoulins, Bouillaud, Gerdy, J. Muller, etc.).

S'appuyant sur ses propres expériences, Gerdy (2) reconnaît que l'ablation du cerveau plonge l'animal dans une sorte de somnolence, d'engourdissement, dans un état de volonté paresseuse, *mais qu'elle ne détruit pas toute manifestation de perceptivité et de volonté*; car, ajoute-t-il, si l'on irrite vivement l'animal, il fait alors des efforts pour échapper à la douleur. Puisque la faculté de percevoir et la volonté sont engourdies par l'ablation du cerveau, le cerveau sert donc, dit Gerdy, à la perception et à la volonté: mais puisqu'elles continuent encore, il n'y sert donc pas seul. Or, quels peuvent être, parmi les organes qui restent, ceux ou celui qui y concourt encore? Serait-ce le cervelet? mais l'ablation de celui-ci paraît plutôt irriter, exciter, agiter l'animal que l'engourdir. Serait-ce *la protubérance?* « Je le pense, ajoute cet auteur, car il ne reste plus qu'elle qui puisse concourir aux perceptions et aux volitions; et de fait, aussitôt qu'on y touche, aussitôt qu'on l'enlève, l'intelligence et la volonté, tout s'évanouit, et il ne reste plus rien. Il résulte pour moi, de mes propres expériences sur l'encéphale, que la *perceptivité* et la volonté siégent dans le cerveau et la *protubérance.* »

Ce dernier organe est aussi pour J. Muller (3) le siége non seulement « de la faculté de sentir, mais encore de l'influence de la volonté. » Flourens, dit-il, « a bien conclu de ses expériences sur l'enlèvement des hémisphères cérébraux que ces parties sont les organes centraux des sensations, et que l'animal ne sent plus rien quand on l'en a privé; mais, loin que cette conclusion découle de ses expériences, c'est le contraire précisément qui en ressort. »

Négligeant à dessein, pour le moment, la question de savoir si la volonté a un autre siége que les hémisphères cérébraux, comme l'avancent ces deux physiologistes, je me bornerai à exposer quelques expériences récentes que je crois propres à établir le rôle de la protubérance comme centre perceptif des impressions tactiles.

Dans un mémoire (4), relatif aux effets de l'inhalation de l'éther sur le système

(1) *Mém. de l'Acad. des sciences. — Mém. des savants étrangers*, t. III, p. 373. 1760.

(2) *Loc. cit.*

(3) *Manuel de physiol.*, trad. de Jourdan, t. I, p. 719 et suiv.

(4) *Expériences relatives aux effets de l'inhalation de l'éther sulfurique sur le systéme nerveux*; dans *Arch. génér. de méd.*, n° de mars 1847, et *Annales méd.-psychol.*, même année.

nerveux, je pense avoir démontré que, dans cet agent, l'expérimentateur possède un nouveau moyen d'analyse, qui (sans mutilation préalable, sans opération sanglante), employé avec discernement, lui permet d'isoler *le siége de la sensibilité générale du siége de l'intelligence et de la volonté.*

En effet, je suis parvenu à faire naître, à mon gré, chez les animaux éthérisés (*chiens et lapins*) les deux périodes suivantes :

Dans l'une, l'animal engourdi, ne pouvant déjà plus se soutenir sur ses membres, tombe sur le flanc et s'agite, s'assoupit, puis bientôt, devenu étranger au monde extérieur, n'exécute aucun mouvement spontané, et demeure plongé dans un sommeil profond ; toutefois il crie encore et s'agite de nouveau, si l'on pince fortement une partie sensible de son corps, sans *s'éveiller* pour réagir d'une manière efficace et volontaire contre cette violence extérieure. Cette période est, pour nous, la *période d'éthérisation des lobes cérébraux*, et même des autres parties encéphaliques (1), excepté la protubérance annulaire et le bulbe rachidien.

Dans l'autre, les animaux ayant subi plus longtemps l'inhalation éthérée, ne crient plus, ne s'agitent plus, ne sentent plus, même quand on tiraille et qu'on dilacère les parties les plus sensibles de leur système nerveux. Cette période est celle d'*éthérisation de la protubérance annulaire*, dont les effets viennent s'adjoindre à ceux de la période précédente.

Mais, pour démontrer d'une manière directe que ces variations dans les phénomènes dépendent de ce que l'éthérisation influence successivement et bien réellement celles des portions encéphaliques désignées, il fallait pouvoir reproduire d'une manière comparative les effets de nos deux périodes, à l'aide de mutilations pratiquées sur l'encéphale d'animaux vivants.

Or, comme je le disais plus haut, mutile-t-on la masse encéphalique des lapins ou des chiens *au point de ne laisser dans la cavité crânienne que la protubérance et le bulbe*, ces animaux, quoique paraissant plongés dans un coma profond, pourront encore, sous l'influence de vives irritations extérieures, pousser des cris plaintifs, s'agiter violemment, comme ceux qui n'ont subi *que l'éthérisation des lobes cérébraux :* mais, vient-on à léser assez profondément la protubérance annulaire, immédiatement les cris, l'agitation qui succédaient à de violents pincements, cessent; on n'a plus qu'un animal chez lequel la circulation, la respiration et les autres fonctions nutritives continuent momentanément de s'accomplir : et cet animal, qui vient de perdre sa protubérance, c'est-à-dire *son centre perceptif des impressions tactiles*, doit donc, au point de vue physiologique, être comparé à cet autre qui a atteint la période d'*éthérisation de la protubérance* ou d'insensibilité absolue.

Mais on s'est demandé si, sans la participation des lobes cérébraux, il pouvait y avoir réellement *sensation* de douleur.

Certes, en prenant le mot *sensation* (2) dans son acception rigoureusement métaphysique, et ne l'appliquant qu'à tous les cas d'exercice de la sensibilité *avec conscience*, on devra admettre que la protubérance, siége de la sensibilité, et les lobes cérébraux, siége de l'intelligence, doivent nécessairement mettre, pour ainsi dire, en commun leur activité et concourir au même acte.

Mais, à la rigueur, ne peut-on pas permettre aux physiologistes de distinguer

(1) Cervelet, tubercules quadrijumeaux, couches optiques et corps striés.

(2) La sensation est la réunion en un seul fait de trois faits élémentaires : l'*impression*, la *transmission*, la *perception*.

la *perception* simple, en quelque sorte *brute*, des impressions tactiles, de l'attention qui leur est accordée, de l'aptitude à former des idées en rapport avec elles? L'attention, la formation ultérieure des idées sont subordonnées à la participation des lobes cérébraux, dont la perte peut entraîner la stupeur, sans abolir l'exercice de la sensibilité générale, qui est subordonnée immédiatement à la protubérance.

Ainsi, l'animal qui a perdu ses lobes cérébraux, et qui conserve sa protubérance, peut souffrir, mais sa douleur doit subir des modifications profondes dans ce que j'appellerai l'élaboration intellectuelle de cette sensation.

En résumé, il paraît possible d'isoler, par la voie expérimentale, le centre perceptif des impressions tactiles (*protubérance*) du centre de l'intelligence et de la volonté (*lobes cérébraux*) : mais, en admettant que la protubérance puisse fonctionner *isolément* comme *centre de perceptivité*, je n'en considère pas moins le cerveau proprement dit (lobes cérébraux) comme l'organe d'élaboration essentielle, où les sensations tactiles en particulier sont, pour ainsi dire, appréciées à leur juste valeur; où elles prennent une forme distincte, en y laissant des traces et des souvenirs durables; comme l'organe, qui est par conséquent le siége de la mémoire, faculté au moyen de laquelle il fournit à l'animal les matériaux de ses jugements et de ses déterminations.

Ayant voulu seulement établir le siége de la sensibilité générale dans l'encéphale, nous n'avons cru devoir parler ici que de la persistance des sensations tactiles, après l'ablation des lobes cérébraux; réservant, pour un examen plus complet, la question de savoir ce que deviennent alors les diverses sensations spéciales. Toutefois, nous pouvons dire, dès à présent, qu'on n'a aucune donnée suffisante pour oser croire que la perception des impressions auditive, visuelle, olfactive et gustative, s'opère, même partiellement, dans la protubérance des mammifères, ou le renflement sus-bulbaire qui la représente dans les trois dernières classes.

Maintenant, il reste à déterminer celles des parties encéphaliques d'où émane le principe incitateur des mouvements de locomotion.

Nous dirons d'abord brièvement les résultats des expériences, puis nous examinerons si ces résultats peuvent se concilier avec ceux de la pathologie.

Après l'ablation complète de leurs lobes cérébraux, les poissons, les reptiles, les oiseaux et les mammifères inférieurs ne perdent point l'usage de leurs mouvements : les carpes, les grenouilles nagent encore avec agilité; quelques heures après l'opération, un pigeon qu'on tient suspendu dans l'air, et qu'on y abandonne, s'envole et retombe avec légèreté sur ses pattes; un lapin, pareillement mutilé, s'enfuit en criant, si on lui pince une partie sensible du corps.

De plus, supprime-t-on les corps striés chez ce dernier animal, la station et la progression s'accomplissent encore; et c'est seulement après l'excision des couches optiques qu'elles deviennent impossibles. Toutefois, les quatre membres n'en exécutent pas moins des mouvements énergiques, alors même qu'à toutes ces mutilations on ajoute l'ablation du cervelet et des tubercules quadrijumeaux, c'est-à-dire quand il ne reste plus de l'encéphale que la protubérance et le bulbe.

Mais enfin, la protubérance elle-même est-elle enlevée, on n'a plus qu'un animal presque entièrement immobile, chez lequel la respiration, la circulation et les autres fonctions nutritives peuvent persister encore assez longtemps. La dilacération des parties les plus sensibles du corps ne donne plus lieu ni aux cris,

quoique la glotte reste active, ni à l'extrême agitation qu'on observait avec la protubérance; et si parfois, sous l'influence de la stimulation des téguments, de légères contractions apparaissent dans les membres, elles ne sont dues qu'au *pouvoir réflexe* de la moelle, sur lequel nous aurons occasion de revenir avec détails.

Les précédentes expériences, que nous avons maintes fois répétées, tendent donc à faire admettre que la production du principe incitateur des mouvements de locomotion est plus spécialement sous la dépendance immédiate de la protubérance (mésocéphale), comme la production du principe incitateur des mouvements de conservation, et de ceux de la respiration en particulier, est sous la dépendance immédiate du bulbe rachidien.

Mais, comme le fait observer Flourens (1), il y a trois phénomènes essentiellement distincts dans un mouvement voulu : la volition de ce mouvement, la coordination des diverses parties qui concourent à ce mouvement et son excitation directe.

Pour ce physiologiste, la volition des contractions locomotrices émane exclusivement des lobes cérébraux, leur coordination du cervelet, leur excitation de la moelle épinière et de ses nerfs.

Nul mouvement ne dérive directement de la volonté : si la volonté peut régler la vitesse et l'énergie de certains mouvements, en déterminer le but, elle n'en est que la cause éloignée et non la cause directe. En effet, examine-t-on le rapport mutuel de la volonté, comme cause, et du mouvement musculaire, comme effet, on découvre aisément que ce rapport n'est pas immédiat, mais qu'un acte, dont nous n'avons pas conscience, se passe entre l'un et l'autre phénomène; aussi ne suffit-il pas qu'un mouvement soit voulu pour être exécuté, comme le prouve l'exemple des paralytiques. La volonté donne l'impulsion déterminante, mais la contraction des muscles, qui est indispensable pour produire le mouvement, s'exécute à l'insu d'elle, et doit son origine à un tout autre principe, à une autre force qui, comme l'admettait déjà Lorry (2), semble émaner spécialement de la protubérance, de même que, d'après Flourens, le principe coordinateur de l'action des divers muscles a sa source dans le cervelet. Aussi, l'irritation artificielle de la protubérance met-elle immédiatement en jeu la contractilité musculaire; tandis que celle des lobes cérébraux, où réside la volonté, n'est suivie d'aucun effet analogue.

Mais, si réellement la protubérance représente le foyer primordial du principe des mouvements de locomotion, on verra néanmoins, par la suite, que la moelle épinière est aussi une source d'innervation, et qu'elle ne constitue point, par conséquent, seulement un appareil de transmission et de décharge pour la force motrice émanée de la protubérance.

Nous ne voulons point examiner, en ce moment, s'il est permis de soutenir, avec certains physiologistes, qu'après l'ablation de ses lobes cérébraux, l'animal puisse encore se mouvoir volontairement; que les tubercules quadrijumeaux et le cerveau proprement dit coordonnent aussi certains mouvements, comme le cervelet; que les couches optiques tiennent sous leur dépendance les contractions volontaires des membres thoraciques, et les corps striés celles des membres abdominaux, etc.; toutes ces questions se représenteront dans l'étude détaillée des fonctions de chaque dépendance de l'encéphale en particulier.

Jusqu'ici, nous nous sommes proposé seulement de retracer brièvement les

(1) *Ouv. cit.*, p. 238.

(2) *Mém. de l'Acad. des sciences, Rec. des savants étrangers*, t. III, p. 373. 1760.

résultats d'expériences exécutées sur des animaux peu élevés dans l'échelle : il reste maintenant à constater, dans un rapide examen, jusqu'à quel point ces résultats peuvent s'accorder avec ceux que donnent, d'une part, les expériences sur des mammifères supérieurs, et de l'autre les observations pathologiques recueillies sur l'homme.

Si l'excision des lobes cérébraux, chez un oiseau, est suivie d'une faiblesse à peine appréciable et d'ailleurs passagère; si cette faiblesse est déjà un peu plus évidente chez un mammifère inférieur, le lapin par exemple, elle est, au contraire, très grande quand l'opération a été pratiquée sur un chien : elle est d'autant plus prononcée, chez cet animal, qu'il se rapproche davantage de l'âge adulte, et d'autant moins qu'il est plus jeune. Le chien adulte, privé de ses hémisphères cérébraux, quoique ne se soutenant déjà plus sur ses membres, peut néanmoins leur imprimer encore des mouvements qui continuent même après l'ablation des autres parties encéphaliques, hormis la protubérance, et ne disparaissent qu'avec elle.

Ainsi, à part une faiblesse des membres beaucoup plus marquée, les phénomènes ont encore la plus grande analogie avec ceux qu'on observe, après pareilles mutilations, chez les vertébrés inférieurs.

Mais, chez l'homme, cette analogie semble disparaître, puisque la pathologie démontre que l'affaiblissement et même la paralysie absolue des membres ont pu coïncider avec des lésions d'une partie quelconque de l'encéphale.

Comme nous l'avons déjà fait observer plus haut, peut-être serait-il permis, pour s'expliquer ces différences entre les révélations de la physiologie expérimentale et celles de la pathologie humaine, de dire que, dans les expériences où la lésion est brusque, limitée à un organe, et la perversion fonctionnelle immédiate, les conditions ne sont plus les mêmes que dans les lésions pathologiques; qu'il existe de plus chez l'homme, entre les diverses parties encéphaliques, une solidarité et un consensus beaucoup plus étroits que chez les animaux, d'où il résulte que le plus ordinairement l'une de ces parties ne saurait être altérée, sans que les fonctions des autres n'en éprouvent bientôt des atteintes fâcheuses.

Si toutes ces raisons peuvent être alléguées, s'il nous paraît probable que des parties analogues au point de vue anatomique doivent remplir des fonctions analogues, nous n'hésitons pas moins à appliquer à l'homme lui-même les résultats de nos précédentes expériences relatives à la détermination d'un foyer central pour les mouvements dits de locomotion (1).

II. MODE D'ACTION DE L'APPAREIL NERVEUX MOTEUR ET DE L'APPAREIL NERVEUX SENSITIF.

Il ne suffit point d'avoir reconnu quels nerfs et faisceaux de la moelle épinière conduisent les impressions au centre encéphalique, quels autres nerfs et faisceaux de la moelle transmettent l'influence de la volonté aux muscles, ni d'avoir signalé les parties de l'encéphale qu'on suppose être les foyers élaborateurs des impressions et du principe incitateur des mouvements volontaires; il faut encore rechercher les lois suivant lesquelles ont lieu la propagation de ce principe dans l'appareil

(1) Il sera question des propriétés sensitive et motrice du grand sympathique, seulement lorsque nous examinerons, d'une manière générale, les rapports du système nerveux avec les fonctions nutritives.

nerveux moteur et la transmission des impressions dans l'appareil nerveux sensitif.

Quant à l'action intime de l'encéphale, en vertu de laquelle les mouvements succèdent aux sensations, et même quant au mode d'union de l'un et l'autre appareil, il faut ici tout d'abord avouer notre ignorance.

A. De la propagation du principe du mouvement dans l'appareil nerveux moteur.

La force nerveuse motrice se propage d'après trois modes différents, et se manifeste tantôt par des contractions continues (celles de certains sphincters, etc.); tantôt par des mouvements rhythmiques (ceux de la respiration, etc.); tantôt par des mouvements spontanés qui ne se produisent que quand la volonté les commande.

Ces différents effets moteurs sont sous la dépendance immédiate de l'axe cérébro-spinal dont la destruction les abolit tous instantanément.

Toutefois, il est quelques effets moteurs continus ou rhythmiques qui, en l'absence de l'axe cérébro-spinal, persistent pendant un temps variable : tels sont ceux que présentent le canal intestinal, le cœur, etc.

Mais il n'en sera fait mention, aussi bien que des mouvements rhythmiques de la respiration, qu'à propos de l'influence générale du système nerveux sur les fonctions nutritives : quant aux contractions continues des sphincters, nous y reviendrons en étudiant les mouvements dits *réflexes*.

En ce moment, le problème qui concerne le mode de propagation de la force excitatrice des mouvements volontaires devra seul nous occuper.

I. La force que transmet un nerf moteur n'a d'action ou d'effet que suivant la direction des fibres nerveuses primitives qui se rendent aux muscles, c'est-à-dire du centre à la circonférence, et jamais en sens inverse.

Aussi, après la section d'un nerf de cette classe, vient-on à irriter, d'une manière quelconque, l'extrémité encore adhérente à l'axe cérébro-spinal, on ne voit jamais les muscles, animés par des branches nées au-dessus du point irrité, réagir pour produire la contraction. Par exemple, après avoir divisé, sur un chien récemment tué, les nerfs sciatiques poplités interne et externe, si vous faites passer un courant électrique dans le tronc sciatique au niveau de la section, vous ne parviendrez jamais à faire contracter aucun des muscles de la cuisse.

II. Après avoir divisé la moelle épinière, sur des chiens, j'ai eu bien souvent l'occasion de galvaniser les faisceaux antérieurs de son segment céphalique, sans voir jamais survenir aucune contraction, ni dans le tronc, ni dans le train antérieur des animaux; ce qui démontre que le principe nerveux, mis en action par l'irritant galvanique, se propage aussi dans les faisceaux médullaires antérieurs du centre à la périphérie, comme dans les nerfs moteurs, et jamais en sens inverse ou rétrograde.

III. Les fibres primitives de plusieurs nerfs moteurs qui se réunissent pour donner naissance à un plexus ou à un tronc nerveux, y déploient leur force *isolément*, dans toute leur longueur, c'est-à-dire que la force excitatrice des unes ne se communique point aux autres.

Cette proposition, qui exclut toute idée d'analogie entre les anastomoses vasculaires et les prétendues anastomoses nerveuses qui, en réalité, ne consistent qu'en un simple accolement de fibres primitives, n'est point admise par tous les expérimentateurs.

Quelques uns soutiennent, au contraire, qu'un seul nerf de mouvement, en rapport avec l'axe cérébro-spinal, et anastomosé avec plusieurs autres séparés de cet axe, peut leur communiquer à tous l'excitation qu'il a reçue.

« Si, dit Panizza (1), on coupe la racine antérieure ou motrice de l'un des *trois nerfs rachidiens* qui fournissent à l'un des membres abdominaux de la grenouille, les mouvements de ce membre n'en éprouvent aucune altération. Le même résultat a lieu si l'on en divise deux, avec cette différence que quelquefois, à l'instant même, les mouvements n'ont pas la même énergie qu'avant la section; mais ils ne tardent pas à la reprendre, et la grenouille saute comme si elle n'avait subi aucune opération. Quant à la troisième racine, si l'on vient à la couper, tout mouvement cesse sur-le-champ dans le membre. » Selon Panizza, ce phénomène ne peut s'expliquer autrement qu'en admettant que l'innervation qui détermine le mouvement dans un membre, s'accomplit *également* par la voie de plusieurs nerfs ou *d'un seul*, qui peut établir le rapport entre la moelle et le membre; dans le cas dont il s'agit, le seul nerf qui reste a besoin d'un certain temps pour concentrer en lui-même toute l'action qui était auparavant répartie entre plusieurs. « Si je ne me trompe, ajoute ce physiologiste, on voit par les faits qui précèdent quel est l'usage des plexus nerveux. Par le mélange et l'entrecroisement des filets qui les constituent et qui proviennent de plusieurs racines ayant la même fonction, il s'établit entre eux une telle solidarité, *que chacun d'eux* jouit de la faculté de conserver l'intégrité de la fonction à laquelle ils sont tous chargés de présider, lorsque par une lésion quelconque il survient une solution de continuité des autres filaments. »

Ces faits et ces explications doivent être rejetés. Des expériences très concluantes de Van Deen (2), et de Kronenberg (3), établissent que les fibres nerveuses primitives composant un tronc nerveux, y déploient leur force isolément sans exciter les autres fibres primitives; et que, par conséquent, un nerf rachidien qui entre dans un plexus, et contribue, avec d'autres nerfs rachidiens, à la formation d'un gros tronc nerveux, communique sa force motrice, non pas au tronc entier, mais exclusivement à ses propres fibres. Dans la grenouille, les branches antérieures de trois nerfs rachidiens seulement concourent à la formation des nerfs des extrémités postérieures, et se distribuent tant à la peau de la cuisse, de la jambe et du pied, qu'aux muscles de ces parties. On reconnaît que l'irritation mécanique ou galvanique de chacune de ces trois branches ne donne pas lieu aux mêmes convulsions dans les membres pelviens. Ainsi, la première (nerf crural), quand on l'irrite, fait contracter seulement les muscles du côté interne de la cuisse; la seconde, ceux de la cuisse et de la jambe; et la troisième, ceux de la cuisse, de la jambe et du pied.

Van Deen fit usage du même procédé que Panizza, c'est-à-dire qu'il coupa sur la grenouille, chacun isolément, les trois nerfs qui forment le plexus des extrémités postérieures; et, en opposition avec l'expérimentateur italien, il reconnut ce que nous avons constaté nous-même, que cette opération paralysait des muscles différents. Après la section du premier, le membre exécutait encore tous ses mouvements, si ce n'est que la cuisse ne pouvait plus être ramenée vers l'abdomen;

(1) *Ricerche sperimentali sopra i nervi*. Pavie. 1834.

(2) *De differentia et nexu inter nervos vitæ animalis et vitæ organicæ*. p. 27 et seq., Lugduni Batavorum. 1834.

(3) *Plexuum nervorum structura et virtutes*. Berlin. 1836.

tout mouvement cessait dans les muscles de la cuisse et de la jambe par la section du second; et enfin, celle du troisième paralysait le pied, les orteils, et en partie la jambe. De plus, en fendant le sciatique dans sa longueur, la paralysie se manifestait partout, comme quand on avait coupé le tronc entier du sciatique; d'où Van Deen conclut qu'il y a entrelacement des fibres venues des deux branches spinales qui forment ce tronc.

Les expériences de Kronenberg, quoique différant un peu dans les détails, conduisent néanmoins aux mêmes résultats.

On ne doit donc pas admettre, avec Panizza, que quand tous les nerfs d'un membre, excepté un seul, ont subi une solution de continuité, celui qui reste jouisse de la faculté de conserver à ce membre l'intégrité de ses fonctions locomotrices. Jamais on ne voudrait croire qu'un individu dont tous les rameaux terminaux du plexus brachial seraient coupés, hormis le nerf radial par exemple, pût encore accomplir les mouvements si nombreux, si variés, auxquels préside le membre supérieur.

J'ai fréquemment opéré la résection du nerf sciatique chez des chiens, dans le but de déterminer l'époque précise à laquelle son bout périphérique, par le galvanisme ou les irritants ordinaires, cesse de produire des secousses convulsives; et dans ces cas, j'ai toujours vu persister la paralysie des mouvements de flexion de la jambe sur la cuisse, de tous ceux de la jambe et du pied, tandis que la seule extension de la jambe sur la cuisse était possible, à cause de l'intégrité du nerf crural. Pourtant ce nerf, selon les expressions de Panizza, « aurait dû établir *à lui seul* le rapport entre la moelle et le membre, et concentrer en lui-même toute l'action qui était auparavant répartie entre plusieurs autres nerfs, » pour rétablir la myotilité volontaire de tout le membre postérieur.

Si réellement, dans un tronc nerveux, la force motrice mise en jeu dans plusieurs filets se communiquait à ceux qui l'avoisinent, comment pourrait-on expliquer que l'irritation mécanique ou galvanique d'une partie de ce tronc ne fît pas contracter tous les muscles auxquels il se distribue, mais seulement quelques uns d'entre eux? Découvrez, sur un chien, les muscles de la cuisse et de la jambe, coupez le nerf sciatique, puis, ayant isolé quelques filaments de son bout libre, appliquez-leur un irritant quelconque, les contractions n'apparaîtront jamais que dans le petit nombre de muscles ou de fibres d'un même muscle dans lesquels ces filaments vont se ramifier. En changeant à diverses reprises de faisceaux nerveux, on verra aussi d'autres faisceaux musculaires entrer alternativement en contraction.

L'indépendance d'action des diverses fibres primitives d'un nerf moteur, est encore démontrée par la simple observation.

Un même nerf peut se distribuer à des muscles antagonistes : le moteur oculaire commun ne donne-t-il pas des rameaux au droit supérieur et au droit inférieur de l'œil ; des filets du facial ne sont-ils pas répartis dans les muscles constricteurs et dilatateurs des orifices buccal, nasal, etc. ; le récurrent n'envoie-t-il pas un filet manifeste dans un constricteur de la glotte (muscle arythénoïdien), et quelques autres dans les muscles dilatateurs de cette ouverture (crico-arythénoïdien postérieur, etc.)? Le triceps crural qui étend la jambe, et le couturier qui contribue à la fléchir, ont le même nerf, le crural : la racine motrice du trijumeau, ou nerf masticateur, anime les muscles qui élèvent et ceux qui abaissent (1) la mâchoire

(1) Hormis le génio-hyoïdien qui est animé par le nerf hypoglosse.

inférieure, etc. Les filets d'un même cordon nerveux doivent donc ne pas transmettre, tous à la fois, la force motrice à la fibre musculaire; sinon, tous les muscles antagonistes, excités par le même cordon, se contracteraient simultanément.

Les divers mouvements partiels d'extension ou de flexion des doigts, par exemple, que la volonté parvient à isoler si bien, surtout chez les musiciens exécutants, sont une autre preuve de l'isolement fonctionnel des fibres primitives dans un même nerf : s'il n'en était point ainsi, le médian allant à tous les muscles fléchisseurs (1) et le radial à tous les muscles extenseurs des doigts, comment concevoir des mouvements partiels aussi diversifiés?

IV. La volonté n'a pas toujours néanmoins le pouvoir d'isoler ainsi les divers mouvements. Mais les mouvements *associés* ont leur origine dans l'encéphale lui-même, et ne sauraient s'expliquer par une communication entre les fibres primitives des nerfs moteurs, puisque ces fibres sont simplement accolées, et que l'irritation d'une partie d'un tronc nerveux fait contracter seulement les muscles auxquels cette partie se distribue.

Citons quelques exemples d'associations de mouvements qui se produisent en dépit de la volonté.

Le muscle occipito-frontal et quelques autres muscles de la face agissent en même temps que l'on essaie de faire mouvoir seulement ceux de l'oreille externe; assez souvent plusieurs muscles faciaux se contractent, quoiqu'on veuille exciter la contraction d'un seul d'entre eux; il en est de même des muscles du périnée, du transverse, du bulbo-caverneux, etc., du sphincter et du releveur de l'anus, qui se meuvent presque toujours ensemble.

Cette association est surtout bien prononcée dans les mouvements de l'iris, car nous ne saurions tourner l'œil en dedans, au moyen du droit interne, ou en dedans et en haut, par l'action de l'oblique inférieur, sans que l'ouverture pupillaire se rétrécisse. Par conséquent, toutes les fois que la volonté se dirige sur le nerf moteur oculaire commun, et notamment sur celles de ses fibres primitives qui se rendent aux muscles droit interne et oblique inférieur, une partie du principe nerveux influence aussi les fibres du même nerf qui forment la racine courte ou motrice du ganglion ophthalmique.

Beaucoup de muscles des deux côtés du corps ont une tendance à associer leurs mouvements : ainsi cette tendance est si prononcée dans les muscles oculaires, qu'il y a impossibilité de diriger l'un des yeux en bas et l'autre en haut, ou de les tourner tous les deux en dehors; constamment l'un de ces organes se porte involontairement en dedans, lorsqu'on dirige l'autre en dehors. Les muscles du bas-ventre, ceux du périnée, et le diaphragme, agissent toujours des deux côtés à la fois. Les nerfs et les muscles des membres droits et gauches, quoique plus indépendants, ne sont pourtant pas entièrement soustraits à certaines associations. On sait quelle grande difficulté on éprouve à exécuter, soit avec les bras, soit avec les jambes, des mouvements rotatoires opposés dans une certaine direction, par exemple autour d'un axe transversal commun, tandis que les mouvements similaires s'exécutent très facilement avec deux membres à la fois.

« La théorie de ces phénomènes est évidente, dit J. Muller (2); les fibres pri-

(1) Excepté à la portion interne du muscle fléchisseur commun profond.

(2) *Manuel de physiologie*, trad. de Jourdan, t. I, p. 589.

mitives de tous les nerfs soumis à la volonté aboutissant toutes séparément au cerveau pour y subir l'influence des déterminations de cette dernière, on peut, en quelque sorte, se représenter leur origine dans l'organe comme les touches d'un clavecin, dont la pensée joue en faisant ou couler ou vibrer le principe nerveux dans un certain nombre de fibres primitives, et déterminant par là les mouvements. Mais le pouvoir conducteur de la substance cérébrale expose les fibres primitives, qui sont fort rapprochées les unes des autres, à être affectées simultanément; de sorte qu'il devient difficile à la volonté de limiter l'action à telles ou telles d'entre elles. Cependant cette faculté d'isoler s'acquiert par l'exercice, c'est-à-dire que plus il arrive fréquemment à un certain nombre de fibres primitives de ressentir l'intention de la volonté, plus aussi l'aptitude se développe en elles à obéir seules, sans entraîner les fibres voisines. »

L'habitude nous semble tout à fait inhabile à dissocier plusieurs des mouvements précédents, dont l'association est d'ailleurs indispensable au libre exercice de certaines fonctions. Quoi qu'il en soit, ces faits ne sauraient être opposés à ceux qui ont été rapportés plus haut, pour démontrer l'indépendance fonctionnelle des diverses fibres dans les nerfs moteurs, car la cause d'une pareille simultanéité de mouvements réside seulement, comme il a été déjà dit, dans l'encéphale lui-même.

V. On a voulu rechercher quelle était la vitesse de propagation de la force nerveuse motrice : mais les calculs qui ont été faits ne reposent sur aucune base certaine, comme le prouvent les dissemblances énormes qu'ils présentent (1). Tout ce qu'on peut affirmer, c'est que cette vitesse est très grande et d'ailleurs très variable suivant les individus et les espèces animales.

On a calculé, par exemple, que certains insectes peuvent étendre et fléchir leurs ailes huit mille fois par seconde, ce qui, en admettant 2 lignes de distance entre les muscles et les centres ganglionnaires, donne une vitesse d'environ 111 pieds par seconde : un habile pianiste pouvait étendre et fléchir le doigt indicateur trois cent vingt fois par minute, d'où, en évaluant à 2 pieds et demi la distance entre le cerveau et le bout du doigt, on n'aurait plus qu'une vitesse de transmission de 10 pieds par seconde; évaluation bien éloignée de celle de Haller (*loc. cit.*) qui porte cette vitesse à 9,000 pieds par minute, tandis que Sauvages (2) la portait à 32,400, et un autre à plusieurs centaines de millions (*cit.* de Haller).

Quoi qu'il en soit, de toutes ces évaluations hasardées, une expérience simple et directe peut servir, sinon à mesurer, du moins à démontrer l'extrême rapidité du principe incitateur du mouvement dans sa transmission aux muscles. On sait que, chez les grenouilles narcotisées, le moindre attouchement, celui d'un cheveu par exemple, suffit pour occasionner une secousse convulsive générale : or, dans ce cas, l'incitation périphérique des téguments doit parvenir au centre nerveux spinal, s'y convertir en incitation centrifuge qui se réfléchit sur les organes musculaires; et pourtant il est impossible de saisir le moindre intervalle entre le moment de l'attouchement et celui où éclatent les convulsions.

VI. Une particularité importante qui nécessitera des détails ultérieurs, et qui est relative à la transmission du principe incitateur des mouvements volontaires, doit fixer un moment notre attention : je veux parler du *croisement* des effets moteurs.

(1) HALLER, *Elementa physiologiæ*, t. IV, p. 372 et 373.
(2) *De la fièvre*, p. 302, 303.

L'anatomie démontre que les deux colonnes antéro-latérales ou *motrices* de la moelle s'entrecroisent sur la ligne médiane, soit au niveau du bulbe, soit dans l'épaisseur de la protubérance elle-même (1), ce qui rend compte des paralysies croisées du mouvement dues à diverses lésions de l'encéphale. Toutefois, j'ai eu plusieurs fois l'occasion d'examiner des bulbes et des protubérances dans lesquels l'entrecroisement était à peine appréciable, et assurément beaucoup moins complet qu'à l'état normal; aussi, de pareilles anomalies m'ont-elles paru propres à expliquer les observations exceptionnelles de paralysie directe, rapportées par divers pathologistes.

C'est à tort que des physiologistes ont prétendu que, dans le système nerveux, les effets croisés ne se manifestaient qu'à partir des tubercules quadrijumeaux. Si leur assertion est exacte pour les animaux sur lesquels ils ont expérimenté, elle n'est certainement point applicable à l'homme; car nous avons rapporté ailleurs (*Ouv. cit.*, t. I, p. 445 et suiv.) des observations qui prouvent que, prolongés dans la protubérance, les cordons latéro-antérieurs du bulbe ont réellement, chez l'homme, une action croisée sur les mouvements volontaires.

Cette action n'est pas douteuse de la part des tubercules quadrijumeaux ou bijumeaux, chez les mammifères et les oiseaux : les secousses convulsives apparaissent du côté opposé au tubercule que l'on excite.

C'est une vérité acquise à la science depuis bien des siècles, établie à la fois par les observations pathologiques recueillies sur l'homme, et par les expériences exécutées sur les mammifères supérieurs, que les lésions de l'hémisphère gauche du cerveau peuvent paralyser ou du moins affaiblir les muscles du côté droit du corps, et *vice versâ;* qu'il en est de même des lésions d'une couche optique, d'un corps strié, d'une moitié du cervelet. Si l'on rencontre, dans la science, quelques observations qui indiquent que la paralysie musculaire peut quelquefois frapper le côté du corps correspondant au siége de l'affection cérébrale, nous venons de mentionner les variétés anatomiques qui peuvent servir à l'explication de ces faits rares et exceptionnels.

Le phénomène suivant a beaucoup frappé l'attention des observateurs : quand une hémorrhagie du cervelet survient en même temps qu'une hémorrhagie du cerveau, ou peu de temps après elle, de telle sorte que le sang s'épanche à droite dans le premier, et à gauche dans le second, ou *vice versâ*, la paralysie n'a lieu que dans le côté du corps opposé à l'hémisphère du cerveau où s'est faite l'hémorrhagie, c'est-à-dire du même côté que l'hémorrhagie du cervelet. Du moins, il en a été ainsi dans *sept* cas relatés par Andral (2). « Comment donc se fait-il, dit cet observateur (3), que par cela seul que les mouvements des membres droits sont anéantis par suite d'un épanchement de sang dans l'hémisphère gauche du cerveau, l'épanchement qui s'est fait simultanément dans l'hémisphère droit du cervelet n'ait plus la puissance de paralyser les membres gauches? Cette puissance, il l'avait cependant dans les cas où le cerveau était resté intact. »

Il importe de rappeler ici que des altérations considérables peuvent siéger dans le cervelet, sans donner lieu à aucun phénomène de paralysie; ce qui explique comment, dans les cas complexes qui précèdent, celle-ci a pu ne pas exister dans le côté du corps opposé à l'hémisphère cérébelleux malade.

(1) Voir notre *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. I, p. 377, 382, 421.
(2) *Clinique médicale*, t. V, p. 675 et suiv. 2[e] édit., 1833.
(3) *Ouv. cit.*, t. V, p. 679.

Si, depuis la découverte de l'entrecroisement des fibres médullaires au niveau du bulbe (1), on pouvait se rendre compte de la paralysie croisée des nerfs rachidiens, il n'en était pas de même pour celle des nerfs cérébraux qui prennent leur origine au-dessus de la précédente décussation. Mais la découverte plus récente d'une décussation supplémentaire (2), aux dépens des fibres qui avaient échappé à la première, est venue donner en partie la solution de ce problème physiologique.

Quant à la moelle épinière, les observations pathologiques et les expériences démontrent que l'abolition du mouvement survient dans le côté correspondant à la moitié de la moelle où siége la lésion ; en un mot, que cet organe exerce, d'après l'expression reçue, une *action directe* et non croisée, comme cela s'observe pour la plupart des autres parties de l'axe cérébro-rachidien. Irritez, sur un animal vivant ou tué à l'instant même, le cordon droit antérieur de la moelle séparée de l'encéphale, les convulsions éclatent à droite ; irritez le cordon gauche correspondant, elles éclatent à gauche. L'explication de ces résultats est facile, puisque dans la moelle épinière, il n'existe aucun croisement de fibres de droite à gauche ou réciproquement.

VII. Pour qu'un mouvement volontaire soit produit, il est évidemment nécessaire que les nerfs moteurs tiennent à l'encéphale, soit immédiatement, soit médiatement par la moelle épinière ; mais, quand on les a divisés, l'excitation électrique, mécanique ou chimique de leurs bouts libres peut encore, *pendant un temps déterminé*, susciter des contractions musculaires. Ce dernier résultat ne saurait toutefois autoriser, comme on le verra, à croire avec plusieurs physiologistes qu'un principe analogue à celui qui émane de l'axe cérébro-spinal soit produit dans toute la longueur des nerfs de mouvement.

Durée de l'excitabilité dans les nerfs moteurs séparés de l'axe cérébro-spinal.

Le problème, qui consiste à déterminer l'époque précise à laquelle un nerf moteur, ne communiquant plus avec l'axe cérébro-spinal, perd son *excitabilité*, c'est-à-dire son pouvoir d'exciter des contractions quand on l'irrite directement, n'a été résolu, jusqu'à présent, par les expérimentateurs, que d'une manière incomplète ou erronée.

Legallois (3), ayant détruit la moelle lombaire d'un lapin qu'il choisit âgé de moins de dix jours, afin que, suivant son expression, cet animal *pût continuer de vivre*, nous dit : « Quoique, dans cette expérience, le train de derrière soit frappé de mort, et que ses nerfs ne puissent plus recevoir aucune influence de la moelle épinière, l'irritabilité musculaire s'y conserve, et l'on peut *pendant fort longtemps* faire contracter les cuisses en irritant les nerfs sciatiques. Il paraît donc qu'il se fait, dans toute l'étendue des nerfs, une sécrétion d'un principe particulier. » Dans ce passage, Legallois s'exprime d'une manière tellement vague qu'on ne peut savoir si par ces mots « *pendant fort longtemps* » il entend parler d'heures, de jours ou de semaines.

J. Muller et Sticker (4) résèquent d'abord sur deux lapins et un chien le grand nerf sciatique ; puis ils essaient de reconnaître l'état réactionnaire de son extré-

(1) MISTICHELLI, *Trattato dell'apoplessia*. Romæ, 1709.

(2) FOVILLE, *Traité complet de l'anat., de la physiol. et de la pathol. du syst. nerv. cérébro-spinal*, p. 525. Paris, 1844. — VALENTIN, *Névrol.*, trad. de Jourdan, p. 236, 237, 246.

(3) *Œuvres de Legallois*, édit. 1830, p. 24.

(4) *Manuel de physiol.*, par J. Muller, trad. de Jourdan, t. I, p. 552.

mité inférieure, seulement au bout de *onze semaines* sur le premier lapin, après *cinq semaines* sur le second, et chez le chien après *deux mois et demi*. Dans ces trois cas, qu'on la galvanisât ou qu'on l'irritât mécaniquement, cette extrémité ne provoquait plus la moindre contraction musculaire.

Mais ces expériences ne résolvent nullement la question, à cause du laps de temps trop considérable qui s'est écoulé entre le moment de la résection et celui de l'expérience principale. De plus, ces physiologistes ayant fait usage d'une simple paire de plaques au lieu d'une pile suffisamment forte, on pourrait objecter qu'ainsi ils n'ont pas reconnu, d'une manière décisive, l'état de l'excitabilité dans le bout libre du sciatique. D'ailleurs, après l'exemple du second lapin, mis en expérience seulement au bout de cinq semaines, on trouve (*ouv. cit.*, t. I, p. 690) cette assertion contradictoire : « Ce n'est qu'après avoir été soustrait, *pendant plusieurs mois*, à l'influence des parties centrales, qu'un nerf perd totalement son irritabilité, comme le démontrent les expériences faites par moi et Sticker. »

Steinrück (1) a procédé comme les auteurs précédents : seulement, c'est au bout de quatre semaines qu'il a de nouveau découvert le sciatique, dont l'extrémité périphérique ne lui a plus paru excitable.

Dans mes recherches, (2) j'ai adopté une tout autre marche que celle qu'avaient suivie ces expérimentateurs. Ainsi, je ne me borne point à opérer la résection d'un nerf et à attendre pendant plusieurs semaines ou même plusieurs mois, pour expérimenter sur l'excitabilité de son bout libre : au contraire, dès le lendemain, celui-ci est *essayé* par le galvanisme et par les irritants mécaniques; les mêmes tentatives sont répétées le surlendemain, etc., et constamment son excitabilité est entièrement éteinte *après le quatrième jour.*

Il importe d'ajouter que le résultat est le même, lorsque, après sa résection, le nerf n'est pas soumis aux stimulations précédentes.

Après le quatrième jour, pour mieux juger encore l'état des muscles lors de l'excitation de leurs nerfs, je découvre les uns et les autres dans une partie bien saine du membre (3), et jamais alors le galvanisme, appliqué *même aux ramuscules nerveux*, ne suscite les plus légères contractions de la fibre musculaire.

Toutefois, dans ces expériences, délicates à reproduire, il est bien important de ne point faire usage d'une pile trop forte; autrement, le fluide galvanique lui-même pourrait être transmis par la division du nerf jusqu'aux muscles, qui ne manqueraient point de manifester une réaction (4) : il s'agit ici, au contraire, seulement de faire passer un courant dans le rameau nerveux lui-même, pour prouver que toute force motrice y a disparu.

Afin de rendre les résultats plus frappants, les mêmes épreuves sont comparativement effectuées, par l'emploi des mêmes moyens, sur les nerfs correspondants du côté sain : au lieu des résultats négatifs constatés dans le premier cas, on obtient toujours les contractions les plus manifestes.

(1) *De regeneratione nervorum*. Berlin, 1838.

(2) *Recherches expérimentales sur les conditions nécessaires à l'entretien et à la manifestation de l'irritabilité musculaire, avec des applications à la pathologie.* Paris, 1841.

(3) A-t-on réséqué le nerf sciatique à la cuisse, il faut agir, non sur les muscles de celle-ci, mais sur ceux de la jambe; cette précaution est indispensable, car, puisque les muscles de la première sont animés par les rameaux sortis de ce nerf au niveau de l'échancrure ischiatique, et par conséquent au-dessus du point où la résection a été pratiquée, il est clair qu'en agissant sur ces rameaux on obtiendrait des contractions.

(4) A ce sujet, on peut se rappeler que, même avec les racines spinales postérieures divisées, il est facile d'exciter des contractions locales, en faisant usage d'un courant d'une certaine intensité.

J'ai voulu savoir si les produits seraient différents en agissant sur des nerfs seulement musculaires, comme l'hypoglosse et le facial, ou sur des nerfs destinés à la fois aux muscles et aux téguments, comme le sciatique : les résultats ont été identiques sur quatorze chiens et deux lapins.

Nos expériences ont encore été variées de la manière suivante : tantôt, sur un chien, la résection du sciatique étant pratiquée, nous soumettions aussitôt son extrémité libre, pendant trente minutes ou parfois une heure, à un courant électrique alternativement direct et inverse, d'où des secousses convulsives de tout le membre ; tantôt, sur un autre chien, cette extrémité n'était soumise à aucune espèce d'irritation électrique ou autre. Chose remarquable ! *la durée de l'excitabilité a toujours été la même dans les deux cas ;* seulement, chez le premier chien, les contractions du membre étaient, à chaque épreuve, beaucoup moindres que chez le second : du reste, encore dans ces deux cas, celles-ci décroissaient progressivement depuis le moment de la résection jusqu'à celui où elles disparaissaient d'une manière complète. Mais, dans l'expérience préalable avec le galvanisme, une portion de la force motrice semble donc avoir été éliminée, tandis que l'autre, persistant toujours pendant un temps déterminé, a d'abord été refoulée dans les dernières ramifications nerveuses, d'où n'a pu l'expulser l'agent électrique (1). Cette force motrice, en quelque sorte à l'état latent, peut encore néanmoins se manifester par des contractions, quand, avant le quatrième jour, on galvanise les ramuscules nerveux : après ce laps de temps, elle a spontanément disparu d'une manière complète.

Ces expériences démontrent donc qu'avec Reil, Prochaska, Legallois, etc., on ne saurait admettre qu'un principe, analogue à celui qui émane de l'axe cérébro-spinal, se produise dans toute l'étendue des cordons nerveux qui, au contraire, doivent nécessairement communiquer avec cet axe pour demeurer excitables ; elles prouvent encore que ce n'est point, comme on l'a avancé, après avoir été soustrait à l'influence des parties centrales pendant *plusieurs mois*, mais seulement pendant *quatre jours révolus*, qu'un nerf moteur perd tout à fait son excitabilité (2).

Il importait de savoir ce qui arriverait à la moelle épinière elle-même séparée de l'encéphale. Deux jeunes chiens ayant survécu à l'ablation d'une lame vertébrale (la dixième dorsale) et à la résection d'un centimètre et demi de la moelle, je pus reconnaître que son bout caudal, au vingt-quatrième jour, n'avait encore rien perdu de son excitabilité ; chez plusieurs grenouilles, plus d'un mois après une mutilation analogue, je constatai le même résultat : et pourtant, dans tous ces cas, la perte de substance avait été assez considérable pour qu'il ne fût pas permis de croire à la transmission de l'influx nerveux émané de l'encéphale. Comme le fai-

(1) C'est ainsi qu'il faut s'expliquer comment un *tronc nerveux*, récemment séparé de l'axe cérébro-spinal et rendu inexcitable par le passage d'un fort courant électrique, peut recouvrer, au moins en partie, son excitabilité : la force nerveuse, d'abord momentanément refoulée dans les ramifications terminales de ce tronc, comme le prouve l'expérience directe, reprend en effet, pour ainsi dire, son équilibre à la fois dans le tronc et les rameaux nerveux, et le reprend d'autant plus vite, qu'on a recours à un autre courant électrique dirigé en sens inverse du premier. Il n'y a donc là rien qui motive l'opinion de ceux qui regardent les nerfs encore vivants comme capables de reproduire eux-mêmes leur principe actif : d'ailleurs, les fibres nerveuses primitives, après *quatre jours* d'isolement, ne présentent encore aucune altération de texture propre à rendre compte du défaut de cette prétendue reproduction, défaut toujours facile à constater, après un pareil laps de temps.

(2) GUENTHER et SCHOEN (cités par Muller, *Physiol.*, t. I, p. 552) assignent le terme *de huit jours*, c'est-à-dire, comme le démontrent nos expériences, un terme seulement approximatif.

sait présumer la présence de la substance grise dans son intérieur, et comme le démontrent, d'ailleurs, tant d'autres phénomènes sur lesquels nous devrons insister, la moelle épinière constitue donc un foyer indépendant d'innervation, et ne peut être assimilée aux cordons nerveux.

L'irritabilité musculaire (1) *disparaît-elle ou non avec l'excitabilité des nerfs de mouvement?* — Cette question et celle que nous venons de traiter sont tellement connexes, que, dans leur étude, il est difficile de les séparer : d'ailleurs, chacun concevra que sa solution serait demeurée impossible sans la distinction physiologique, définitivement établie dans notre siècle, entre les divers cordons nerveux. Il me fallut donc faire choix d'un nerf exclusivement moteur dont l'isolement fût facile, et la septième paire dut se présenter naturellement à mon esprit.

Sur deux chiens d'une assez forte taille, je mis à nu les trois branches du facial et les réséquai dans une longueur assez considérable pour ne pas craindre le rétablissement des fonctions de ce nerf : comme mes recherches antérieures sur plusieurs animaux de la même espèce m'avaient appris que l'excitation immédiate (2) de ses bouts libres ne donnait plus lieu à la moindre contraction des muscles de la face après le quatrième jour, tandis qu'immédiatement stimulés ces muscles se contractaient encore, je résolus de laisser un laps de temps considérable entre cette dernière époque et le moment où, de nouveau, j'agirais avec des stimulants directement appliqués à la fibre musculaire.

Cette marche est bien préférable à celle que Haller et ses partisans avaient adoptée, dans le but de démontrer que l'irritabilité musculaire n'est point dépendante de la force nerveuse. En effet, ils arrachaient le cœur de la poitrine d'un animal vivant, ou bien ils coupaient un tronçon de chair, et les voyant palpiter pendant une ou plusieurs heures (selon l'espèce et l'âge de l'animal), ils en inféraient qu'à la fibre musculaire était inhérente une tendance à la contraction, indépendante de l'action des nerfs. Mais à ces expériences on peut faire une objection qui frappe leurs résultats de nullité : cette tendance à la contraction ne persiste qu'en vertu d'un reste de force nerveuse latente dans le nerf et la fibre musculaire elle-même.

Une pareille objection n'est plus applicable aux résultats suivants : Un nerf moteur (facial) (3) étant réséqué, les dernières ramifications de ses bouts libres sont galvanisées, *après le quatrième jour*, sans susciter, avons-nous dit, le moindre frémissement de la fibre musculaire; et néanmoins, *au bout de douze semaines*, celle-ci se contracte encore fortement sous l'influence du moindre stimulus qui lui est immédiatement appliqué (4).

Il est important de faire savoir que le facial n'avait point recouvré ses fonctions : en effet, ni le clignement d'un côté, ni les mouvements de l'aile du nez, de la joue et de la lèvre correspondantes, n'avaient reparu, chez nos deux chiens, depuis le moment de l'opération.

Ainsi, pendant près de trois mois, l'influx nerveux moteur n'avait point été

(1) L'irritabilité musculaire est cette propriété qu'a la fibre charnue de se raccourcir, en oscillant et en se fronçant, à l'occasion de certaines excitations, soit *immédiates*, soit extérieures à la fibre elle-même.

(2) Galvanique, mécanique ou chimique.

(3) J'ai fait des essais analogues sur l'hypoglosse et les récurrents, avec des produits identiques.

(4) Le simple attouchement du muscle, à l'aide de la pointe d'un scalpel, suffit pour obtenir ces phénomènes de contraction.

transmis aux muscles faciaux, qui néanmoins, avec leur irritabilité, avaient conservé leur coloration normale. Ce dernier fait ne permettrait-il pas de supposer que bien longtemps encore ces muscles seraient demeurés irritables (1)?

Puisque, si longtemps après l'extinction de toute force nerveuse motrice, la fibre charnue révèle encore son irritabilité, sous une influence même purement mécanique ; la décharge d'un agent impondérable partant des nerfs de mouvement n'est donc point nécessaire à la manifestation de cette propriété, et le *stimulus* spécial, transmis par les nerfs de cette classe aux organes musculaires, n'est donc qu'une des nombreuses causes excitatrices de leur irritabilité.

Le fait que nos expériences viennent d'établir (2) est confirmé par de nombreuses observations de paralysie bornée, chez l'homme, aux fonctions locomotrices : en effet, n'est-il pas commun, dans les hémiplégies faciales par exemple, de voir les mouvements volontaires reparaître au bout d'un laps de temps considérable? D'après ce qui précède, nous sommes autorisé à affirmer que, dans tous ces cas, la nutrition et l'irritabilité étaient restées à l'état presque normal dans les muscles qui n'étaient, pour ainsi parler, que dans l'attente de l'abord nouveau de la force motrice, pour recouvrer leur activité première et obéir derechef aux ordres de la volonté (3).

Mais, de ce que nous avons reconnu que l'irritabilité musculaire peut se manifester sans le concours des nerfs moteurs, s'ensuit-il qu'il faille conclure, d'une manière absolue, qu'elle est indépendante de l'action nerveuse en général? Il sera répondu à cette question seulement lorsque je traiterai de l'influence des nerfs de sensibilité sur les muscles.

Mode d'extinction de l'excitabilité dans l'appareil nerveux moteur. — Valli (4) avait déjà reconnu que « *la vie des nerfs musculaires est plus persistante à leur terminaison qu'à leur origine*, » et c'est à ce médecin de Pise qu'est due l'observation que, quand une portion de nerf moteur est devenue inexcitable par l'électricité, il suffit de diriger cet agent sur une autre portion du nerf, plus rapprochée de ses ramuscules terminaux ou musculaires, pour obtenir encore des contractions.

Mes propres recherches m'ont permis de ne pas limiter les observations, comme l'avait fait Valli, seulement au système nerveux périphérique, et de constater que le principe incitateur du mouvement, chez un animal récemment tué, disparaît et se retire de l'encéphale d'abord, de la moelle épinière ensuite, puis des cordons nerveux moteurs, en allant de leurs extrémités centrales à leurs extrémités musculaires, c'est-à-dire en suivant une marche centrifuge.

Ainsi, l'étage inférieur des pédoncules cérébraux, les portions antérieures de la protubérance et du bulbe rachidien ayant déjà perdu leur excitabilité, les faisceaux antérieurs de la moelle, les racines spinales correspondantes étaient encore excitables ; mais le moment survenait bientôt où l'excitabilité disparaissait

(1) C'est à peine si nous avons pu, après la mort, y découvrir de légères traces d'atrophie.

(2) Voir, pour plus de détails, notre Mémoire cité plus haut.

(3) Toutefois, comme le mouvement, en activant la circulation, influe sur la sécrétion du principe fibrineux des muscles, puisque ceux-là acquièrent le plus de force et de volume, qui sont le plus exercés ; on conçoit que, condamnés à une entière inaction pendant un temps très long, ils puissent finir par s'atrophier et se réduire à des lames très minces qui, plus tard encore, *en dégénérant*, perdraient leur contractilité.

(4) *Lettres sur l'électricité animale*, 1792.

successivement dans les faisceaux antérieurs, les racines, les troncs nerveux, pour ne plus exister enfin que dans les ramuscules terminaux.

Au contraire, je dirai à l'avance qu'à l'aide d'expériences réitérées, j'ai reconnu que le principe du sentiment, dans l'appareil nerveux sensitif d'un animal qui est près de mourir, se perd en suivant une marche centripète vers l'encéphale. En d'autres termes, la sensibilité disparaît d'abord dans les ramuscules sensitifs terminaux, puis dans les rameaux, les troncs nerveux, dans les racines spinales postérieures (*lombaires*, *dorsales*, *cervicales*), et, de proche en proche, dans les faisceaux postérieurs de la moelle (*lombaire*, *dorsale*, *cervicale*), selon une direction ascendante vers les centres encéphaliques : aussi arrivait-il bientôt un moment où je ne pouvais plus constater des traces de sensibilité ailleurs que dans certaines parties déterminées de l'encéphale.

B. De la transmission des impressions dans l'appareil nerveux sensitif.

I. Quand on vient de pratiquer la section d'un nerf de sensibilité et celle d'un nerf de mouvement, on constate qu'il n'en est pas de la faculté sensitive comme de la force motrice : celle-ci peut encore produire le mouvement et réagir sur les muscles, si un irritant est appliqué au bout libre du nerf moteur divisé, tandis que la faculté sensitive ne peut plus se révéler qu'à l'aide de l'extrémité du nerf sensitif qui communique encore avec l'encéphale.

II. Des expériences faciles à reproduire sur soi-même démontrent que si, chez un animal, l'irritation d'un tronc nerveux de mouvement fait contracter tous les muscles qui en reçoivent des filets, celle d'un nerf de sentiment provoque des sensations dans tous les points où il se ramifie. Comprimez fortement le nerf cubital à son passage entre l'épitrochlée et l'olécrâne, et vous éprouverez un picotement douloureux en dedans de la paume et du dos de la main, ainsi que dans les doigts auriculaire et annulaire, c'est-à-dire dans les diverses parties cutanées de la main auxquelles se distribue le nerf cubital.

III. On peut encore prouver, en comprimant dans divers endroits une partie du cubital ou du sciatique, que cette compression s'accompagne d'une sensation bornée aux points qui empruntent des filets à cette partie ; et que, par conséquent, l'irritation de l'une des branches de ces nerfs ne se transmet ni aux branches voisines ni au plexus brachial, ou lombo-sacré.

Le même isolement fonctionnel, que nous avons constaté dans les filets des nerfs de mouvement, se retrouve donc dans ceux des nerfs de sensibilité.

Il en résulte que, si l'on détruit une portion d'un tronc nerveux sensitif, la portion qui reste ne saurait suppléer celle qui a été détruite : le nombre des points qui demeurent sensibles correspond seulement à celui des fibres primitives demeurées intactes. Il en est de même des anastomoses entre les nerfs de sensibilité : les filets anastomotiques envoyés par un nerf à un autre ne sauraient aucunement remplacer celui-ci après sa destruction et entretenir la sensibilité de la partie entière. Ces anastomoses n'ont donc pas un but analogue à celui des anastomoses vasculaires ; elles semblent seulement avoir pour usage de prévenir l'anesthésie complète, qui aurait eu lieu nécessairement dans une partie si les fibres primitives d'un seul tronc nerveux lui fussent parvenues.

IV. Cependant on ne peut s'empêcher de reconnaître que certaines sensations très vives, ayant leur point de départ dans une région limitée, donnent souvent

lieu à d'autres sensations fort étendues, comme le prouvent : le chatouillement de la plante des pieds, par exemple ; la stimulation des parties génitales externes; le frissonnement général qu'occasionnent le bruit de la lime et celui du verre qu'on divise avec le diamant; la pression pénible que certaines personnes éprouvent aux tempes en prenant des glaces; l'extension, à la face entière, de la douleur due à une dent cariée; l'irradiation douloureuse dans certains névrômes; la propagation de la douleur d'un doigt affecté de panaris, aux autres doigts, à la main, au membre thoracique tout entier, quoique ces dernières parties ne soient elles-mêmes le siége d'aucun symptôme inflammatoire appréciable, etc. Mais ces faits ne sauraient être opposés à ceux qui démontrent l'indépendance fonctionnelle des diverses fibres dans les nerfs sensitifs; car la cause d'une pareille association de sensations paraît résider exclusivement dans l'encéphale lui-même dont les fibres primitives, contrairement à ce qui a lieu pour celles des nerfs, ont une tendance à se communiquer leur surexcitation, à être, pour ainsi dire, solidaires les unes des autres. Cette dernière vérité est d'ailleurs établie par de nombreuses observations pathologiques et par des expériences sur lesquelles nous aurons occasion de revenir dans la suite.

V. On a eu occasion d'observer que, dans les amputations pratiquées sur l'homme, les douleurs les plus vives se font souvent sentir, non dans l'endroit même où l'on coupe les nerfs, mais dans les parties auxquelles ils se distribuent. C'est d'ailleurs à peu près la même chose qui se produit dans le cas où une pression subite s'exerce sur le nerf cubital: la sensation, au lieu d'être plus vive à l'endroit où il a été comprimé, se manifeste et persiste surtout dans les points de la peau de la main et des doigts où les fibres primitives de ce nerf se terminent. Toutefois, dans les douleurs si violentes qui accompagnent fréquemment le névrôme, on ne peut méconnaître que les malades les rapportent aussi à l'endroit occupé par la tumeur elle-même.

Quand la moelle épinière devient malade, il est commun de voir survenir une sensation de fourmillement ou de picotement douloureux à la peau de toutes les parties dont les nerfs prennent leur origine au-dessous du point lésé, avant que la douleur se fasse sentir au niveau de la lésion elle-même. On cite également des exemples de lésions du cervelet, dans lesquels la sensibilité générale s'était exaltée soit dans tout le corps, soit dans certaines régions circonscrites, à tel point que le moindre attouchement des téguments occasionnait une sensation des plus pénibles : mais il semble rationnel de rapporter cette perversion de la sensibilité à la stimulation pathologique des corps restiformes naturellement si sensibles, plutôt qu'à la lésion même du cervelet dont l'insensibilité absolue, chez les animaux vivants, ne saurait être révoquée en doute.

Ainsi, quoique les fibres nerveuses sensitives soient affectées dans des points divers de leur longueur, au niveau des troncs nerveux ou de leurs ramifications terminales, ou des cordons postérieurs de la moelle elle-même, le *sensorium commune* sent de la même manière les excitations, et les sensations semblent avoir surtout leur point de départ à la peau, comme le plus souvent cela se passe à l'état normal.

VI. Un phénomène digne d'attention consiste en ce que la sensibilité peut avoir complétement disparu dans les parties extérieures et dans les ramifications terminales d'un tronc nerveux, tandis qu'elle existe encore d'une manière très prononcée dans le tronc lui-même. C'est là une vérité facile à reconnaître, tant sur l'homme que chez les animaux. Il m'est fréquemment arrivé de voir, chez les chiens, la

sensibilité devenir tellement obtuse dans les membres abdominaux, après que la portion lombaire de la moelle avait été mise à nu, que l'incision des téguments et celle des muscles, à une certaine profondeur, n'était aucunement douloureuse, pendant que la moindre piqûre du nerf sciatique arrachait des cris à l'animal. Chez l'homme, j'ai eu plusieurs fois l'occasion, durant mon séjour à l'hospice de Bicêtre, de constater que des membres, dont les téguments étaient absolument insensibles à tous les irritants extérieurs, pouvaient néanmoins devenir le siége de douleurs profondes et intolérables. Il faut donc admettre que les nerfs sensitifs peuvent encore fonctionner à leur origine et dans un certain trajet, alors que leurs filets terminaux sont frappés d'anesthésie.

VII. Ce qui précède m'amène naturellement à mentionner le résultat de mes recherches sur le mode d'extinction du principe du sentiment dans le système nerveux. Si, comme je l'ai déjà fait remarquer plus haut, le principe incitateur du mouvement, chez un animal récemment tué, disparaît et se retire de l'encéphale d'abord, de la moelle épinière ensuite, puis des cordons nerveux moteurs, en allant de leurs extrémités centrales à leurs extrémités musculaires, c'est-à-dire en suivant une marche centrifuge; au contraire, le principe du sentiment, dans l'appareil nerveux sensitif d'un animal qui est près de mourir, se perd en suivant une marche centripète vers l'encéphale. En d'autres termes, la sensibilité disparaît d'abord dans les ramuscules sensitifs terminaux, puis dans les rameaux, les troncs nerveux, dans les racines spinales postérieures (*lombaires*, *dorsales*, *cervicales*), et de proche en proche dans les faisceaux postérieurs de la moelle (*lombaire*, *dorsale*, *cervicale*) selon une direction ascendante vers les centres encéphaliques. Aussi, il arrive bientôt un moment où l'expérimentateur ne peut plus constater des traces de sensibilité ailleurs que dans certaines parties déterminées de l'encéphale.

VIII. On sait que les amputés peuvent encore éprouver des sensations qu'ils rapportent à divers points du membre qu'on leur a enlevé, et que ces sensations sont intenses et douloureuses surtout pendant l'époque où le moignon s'enflamme. J. Muller (1) rapporte une série d'observations, à l'aide desquelles il se propose de démontrer que ces illusions persistent et qu'elles ne se perdent jamais entièrement. « Si les amputés, dit-il, finissent par s'habituer au sentiment dont il s'agit à tel point qu'ils ne s'en aperçoivent plus, cependant, dès qu'ils y font attention, ils le voient aussitôt reparaître, et souvent ils sentent d'une manière très distincte leurs orteils, leurs doigts, la plante du pied, la main. Le sentiment devient beaucoup plus vif encore, lorsqu'on applique une bande ou un tourniquet autour du moignon, ou quand on lui fait subir une compression du genre de celles qui amènent l'engourdissement d'un membre; alors la formication s'établit sur-le-champ; l'amputé éprouve des fourmillements dans la main, dans le pied, dans le membre entier, avec tout autant de netteté que si ces parties existaient encore.

» Un homme qui avait eu le bras coupé depuis *douze ans* éprouvait de temps en temps des fourmillements qui lui semblaient avoir lieu dans les doigts, et qui survenaient surtout lorsqu'il s'appuyait sur son moignon.

» Un homme a le bras amputé depuis *treize ans*; les sensations dans les doigts n'ont jamais cessé chez lui; il croit toujours sentir sa main dans une situation courbée.

(1) *Ouv. cit.*, t. I, p. 599.

» Un individu qui avait eu le bras droit écrasé par un boulet de canon et ensuite amputé, éprouvait encore, *vingt années* après, des douleurs rhumatismales bien prononcées dans ce membre, toutes les fois que le temps changeait. Pendant les accès, le bras qu'il avait perdu depuis si longtemps lui paraissait sensible à l'impression du moindre courant d'air. Il m'assura d'une manière positive que la sensation de ce membre n'avait jamais cessé.

» Un homme à qui l'on avait amputé la main y ressentait encore, sept ans après, des douleurs qui ne cessèrent qu'à la mort (1). »

On s'explique ces résultats en se rappelant que les troncs nerveux, composés de toutes les fibres primitives qui procuraient des sensations au membre entier, existent encore dans sa portion survivante, et que diverses causes, telles que le rhumatisme, la compression, etc., peuvent les exciter soit en partie, soit dans leur ensemble, d'où des sensations que l'amputé rapporte à telle région circonscrite ou à toute l'étendue d'un membre qu'il ne possède plus.

IX. Les chirurgiens qui sont pénétrés de l'importance des faits qui précèdent s'accordent à reconnaître que, dans un grand nombre de névralgies, la section des nerfs ne saurait être d'aucune utilité : il n'est pas rare, en effet, même après l'excision d'une certaine longueur d'un tronc nerveux, de voir revenir les douleurs avec autant d'intensité qu'auparavant. L'explication est facile : quand la cause de la douleur a son siége dans le tronc du nerf, la section doit être inutile, puisque l'irritation du bout demeuré en rapport avec l'encéphale, et constitué encore par toutes les fibres primitives qui aboutissaient aux parties extérieures, y provoque les mêmes sensations douloureuses que si les ramifications terminales étaient elles-mêmes affectées. La section ou l'excision d'une portion du nerf malade peut donc être efficace seulement lorsque la cause des douleurs névralgiques siège dans les branches et les rameaux.

X. Ceux qui ont pratiqué des opérations autoplastiques savent que, quand l'art change la situation des extrémités périphériques des nerfs, comme il arrive dans la transplantation de lambeaux cutanés, ces extrémités n'en rapportent pas moins la sensation à l'endroit du corps où elles se ramifiaient d'abord : ainsi, il peut arriver que, lorsqu'on touche un nouveau nez fait par la méthode indienne, le malade rapporte la sensation au front. La présence, dans le lambeau, des rameaux frontaux du nerf ophthalmique rend compte de ce phénomène, qui d'ailleurs ne dure qu'autant que subsiste, à la racine du nez, la communication des fibres nerveuses entre le front et le nez nouveau. Ces faits prouvent que les sensations d'emplacement, procurées par les fibres sensitives, dépendent de l'ordre dans lequel celles-ci naissent de l'axe cérébro-spinal, et non de la situation relative qu'affectent leurs extrémités périphériques.

XI. Après avoir examiné le mode de propagation des effets sensitifs dans les cordons nerveux, il nous reste à le faire connaître dans l'axe cérébro-spinal.

Dans notre opinion, il est démontré que les impressions des membres et du

(1) KLEIN, dans le *Journal de Graefe*, t. III, p. 468.
Comp. sur les sensations des amputés. — HALLER, *Elementa physiol.*, t. IV, p. 305.
LEMOS, *Dissertat. quæ dolorem membri amputati remanentem explicat.* Halle, 1798.
VALENTIN, *De functionibus nervorum cerebralium et nervi sympathici.* Berne, 1839, p. 82.
G.-TH. RHONE, *De sensuum mendacio apud eos homines, quibus membrum aliquod amputatum est.* Halle, 1842.

tronc, qui doivent parvenir à la conscience, se propagent exclusivement par les cordons postérieurs de la moelle jusqu'à l'encéphale.

Mais, avant d'aller plus loin, il nous semble utile de rappeler très brièvement la marche de ces cordons à travers la masse encéphalique : sous le nom de corps restiformes, ils s'accolent à la face postérieure du bulbe rachidien et divergent pour intercepter le *calamus scriptorius;* puis bientôt chacun d'eux se bifurque. La division la plus considérable s'incline en dehors et plonge dans le cervelet; la division la plus grêle remonte directement sur la face postérieure de la protubérance, constitue en dehors de la ligne médiane une partie de la paroi antérieure du quatrième ventricule, s'unit au *processus cerebelli ad testes*, et s'engage avec lui, entre une bifurcation du cordon antéro-latéral, au-dessous des tubercules quadrijumeaux, au-dessus du pédoncule cérébral correspondant. Nous avons exposé ailleurs (1) les raisons qui doivent faire regarder les *processus cerebelli ad testes* comme la continuation de la portion des corps restiformes qui s'irradie dans le cervelet. Chacun de ces *processus*, suite du faisceau postérieur de la moelle, passe au-dessous du ruban ou de la ganse de Reil, au-dessous des tubercules quadrijumeaux, et va former, en s'unissant à la portion directe du même faisceau, l'étage supérieur du pédoncule cérébral. On doit se rappeler que les faisceaux dont il s'agit s'entrecroisent surtout au niveau du bord antéro-supérieur de la protubérance annulaire, et peut-être aussi dans l'épaisseur du lobe médian du cervelet; qu'ils se prolongent dans l'épaisseur des couches optiques, d'où ils rayonnent en formant une partie du plan fibreux interposé aux deux noyaux gris de chaque corps strié; qu'enfin ils arrivent jusqu'aux hémisphères cérébraux.

On peut donc reconnaître qu'il n'est pas un seul renflement de l'encéphale à travers lequel ne se prolonge le cordon postérieur ou sensitif de la moelle.

Le premier fait physiologique qui nous frappe tout d'abord, et dont la réalité est surtout établie par les observations pathologiques, c'est le *croisement* des effets sensitifs dans l'encéphale. Si la perte du sentiment, d'ailleurs beaucoup moins fréquente que celle du mouvement, se manifeste du côté opposé au siége de la lésion encéphalique, si les effets croisés commencent au niveau de la protubérance, on peut invoquer, pour s'en rendre compte, l'entrecroisement des fibres sensitives dans les points que nous avons précédemment indiqués.

Les expériences peuvent aussi servir à mettre en évidence les phénomènes dont il s'agit : chez les mammifères et les oiseaux, constamment la blessure ou l'extirpation des tubercules quadrijumeaux ou bijumeaux, à droite, trouble ou anéantit la vision de l'œil gauche, et *vice versâ.* Ce fait, établi d'abord par les expériences de Flourens (2), a été souvent reproduit par nous-même. Ajoutez que, sur des pigeons dont les humeurs de l'œil avaient été évacuées d'un côté, depuis plusieurs semaines, nous avons observé, au devant du chiasma, l'atrophie du nerf optique correspondant et celle du lobe optique du côté opposé (3).

Suivant Flourens (4), quand on enlève un lobe cérébral, l'animal ne voit plus de l'œil opposé.

Sur des chiens adultes, j'ai plusieurs fois détruit une moitié de la protubérance, et la sensibilité générale m'a paru être abolie dans les membres du côté opposé à

(1) Voir, pour les détails anatomiques, notre *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. I.
(2) *Ouv. cit.*, p. 142 et suiv.
(3) Magendie a fait des observations analogues. Voy. *Journ. de physiol. expér.*, t. III, p. 380.
(4) *Ouv. cit.*, p. 31 et suiv.

celui de la lésion : sur des animaux de la même espèce, j'ai retranché simultanément et à droite, le lobe cérébral, le lobe cérébelleux, la couche optique et le corps strié, sans voir jamais disparaître la sensibilité qui pourtant avait diminué d'une manière notable à gauche (1). Ces expériences comparatives sont donc propres à confirmer toute l'importance du rôle que joue la protubérance dans l'accomplissement des phénomènes sensitifs, importance sur laquelle nous avons eu déjà l'occasion d'insister.

Nous disions plus haut que l'abolition exclusive de la sensibilité était beaucoup plus rare, chez l'homme, que celle du mouvement. Foville explique cette différence à l'aide des diverses commissures transverses de l'encéphale, qu'il croit formées par les faisceaux postérieurs de la moelle, et qu'il suppose servir à la dispersion des impressions dans le premier de ces organes.

Pour concevoir la transmission distincte des impressions périphériques au centre nerveux cérébral, quelques physiologistes admettent que les fibres primitives des troncs nerveux sensitifs restent distinctes aussi dans tout leur trajet le long des faisceaux postérieurs de la moelle, qu'elles y marchent parallèlement les unes aux autres, comme dans les troncs nerveux eux-mêmes, et parviennent ainsi jusqu'à l'encéphale ; d'où il résulterait que ces faisceaux postérieurs seraient la somme des fibres primitives à eux envoyées par les parties sensibles du tronc, des membres, etc. Mais ce n'est là qu'une hypothèse, puisqu'en réalité nous ne savons pas encore si les fibres des racines sensitives se continuent directement jusqu'au centre encéphalique, ou si, n'offrant qu'une relation déterminée avec les fibres propres de la moelle, elles aboutissent seulement à cet organe.

La moelle ne pourrait-elle pas remplacer par ses propres fibres sensitives, dans l'encéphale, celles du tronc et des membres, sans qu'il y eût entre elles identité rigoureuse de nombre et même de nature ? Et dès lors, au lieu de la continuité des filets nerveux primitifs jusqu'au *sensorium commune*, un certain rapport préétabli entre ces derniers et leurs congénères dans la moelle et l'encéphale ne serait-il pas propre aussi à rendre compte de la transmission distincte des impressions ?

Cette hypothèse aurait, d'ailleurs, sur la précédente, l'avantage de nous fournir une explication plus facile de certains phénomènes contradictoires.

On sait, par exemple, et j'ai déjà insisté sur ce point, que, contrairement à ce qui a lieu pour les fibres primitives des nerfs, celles de l'encéphale peuvent se communiquer leur surexcitation, devenir solidaires les unes des autres, comme le prouvent certaines sensations très vives, qui, ayant leur point de départ dans une région limitée du corps, donnent lieu néanmoins à d'autres sensations fort étendues (*voy.* p. 54) : évidemment la cause d'une pareille association de sensations ne peut résider que dans les centres nerveux, dont les fibres en rapport avec l'exercice de la sensibilité ne sont donc point identiques avec celles des nerfs, qui fonctionnent chacune isolément.

Si l'anatomie démontre que les faisceaux postérieurs ou sensitifs de la moelle se prolongent dans tous les renflements encéphaliques, les expériences établissent que ces faisceaux jouissent encore d'une vive sensibilité au niveau du bulbe et de la protubérance, mais qu'ils la perdent brusquement en pénétrant dans le cervelet, les couches optiques, les corps striés et les lobes cérébraux. Évidemment encore

(1) Les observations pathologiques, recueillies sur l'homme, démontrent que la *perte absolue* de la sensibilité peut avoir lieu d'une manière croisée, dans une moitié du corps, quand l'un de ces renflements devient le siége d'une lésion pathologique.

il répugne d'admettre que des propriétés aussi différentes puissent s'observer dans la continuité des mêmes fibres, et l'existence d'un autre système fibrillaire fonctionnant de concert avec celui de la moelle se présente naturellement à l'esprit.

E.-H. Weber (1) nous a appris que deux pointes appliquées à la peau, pour être senties comme deux pointes distinctes et non comme une seule, doivent être éloignées l'une de l'autre d'un certain degré qui varie selon les diverses régions du corps; que, dans le milieu du dos, par exemple, il faut laisser jusqu'à un espace de 30 lignes entre les deux pointes pour qu'on puisse les percevoir comme distinctes; et pourtant, chacun des points touchés, stimulé isolément, est sensible pour son propre compte. Dans la théorie qui admet que les fibres primitives des nerfs, devenues fibres de la moelle, montent jusqu'à l'encéphale, en restant isolées les unes des autres anatomiquement et physiologiquement, on ne peut guère s'expliquer de pareils résultats : au contraire, ces résultats tendent à faire croire, ou bien qu'à plusieurs fibres primitives d'un nerf correspond une seule fibre de la moelle, devant transmettre l'impression au *sensorium commune*, ou bien que plusieurs fibres de la moelle sont compensées par une seule dans l'encéphale.

La question de savoir si les nerfs moteurs influencent ou non l'irritabilité musculaire, ayant été résolue antérieurement, il reste à examiner la question suivante :

Les nerfs sensitifs influencent-ils l'irritabilité musculaire?

Je dirai d'abord quels effets ont suivi la résection des nerfs *mixtes*, quels résultats j'ai obtenus après celle des nerfs exclusivement sensitifs.

Sur un chien, résèque-t-on le nerf sciatique, on constate (sans mentionner la perte consécutive de la sensibilité et des mouvements volontaires) qu'au bout de quinze jours la fibre charnue se contracte encore vivement sous l'action d'un stimulus immédiat; qu'après un mois, son aptitude à la contraction est encore assez prononcée, quoique bien moindre; et qu'enfin, vers la septième semaine, elle est à peine appréciable : mais, à dater de cette époque, les muscles de la jambe déjà décolorés semblent éprouver une sorte de dégénérescence, et bientôt ils cessent peu à peu de se contracter, même avec les stimulants immédiats les plus forts.

Sur d'autres chiens, ayant d'abord excisé une longueur assez considérable du nerf sous-orbitaire pour empêcher tout contact ultérieur des deux bouts, j'ai réséqué le buccal au-devant du masséter, et l'anastomose, au-devant de l'oreille, du nerf auriculo-temporal avec la branche moyenne de la septième paire. En agissant de la sorte, je me suis proposé de supprimer l'action de tous les filets du trifacial qui, d'un côté, pénètrent les muscles de la lèvre supérieure et de la narine correspondantes. Six semaines après l'opération, ceux-ci furent trouvés décolorés, et pourtant irritables, *mais à un degré beaucoup moins marqué que ceux du côté sain* (2). Du reste, les poils de la lèvre supérieure (côté malade) tombèrent, et celle-ci conserva un léger empâtement dû évidemment à un trouble de nutrition, quoique l'artère sous-orbitaire eût été ménagée.

Si maintenant nous considérons que, *six semaines* après la suppression des nerfs de sentiment, l'irritabilité musculaire est notablement diminuée, tandis que, *trois mois* après la suppression des nerfs du mouvement (*voy.* p. 51), elle de-

(1) *De pulsu, resorptione, auditu et tactu. Annotat. anat. et physiol.* Lipsiæ, 1834, p. 44-175.

(2) Nous eûmes souvent l'occasion de nous assurer que la sensibilité n'était point revenue dans les parties.

meure intacte, il nous semblera rationnel de conclure que cette propriété, indépendante des uns, paraît subordonnée aux autres dans certaines limites que nous allons tracer.

On sait que les artérioles, en général, sont enlacées par des ramuscules nerveux d'autant plus considérables proportionnellement qu'elles sont plus petites, et cette disposition a sans doute une grande importance physiologique. En effet, à l'extrémité capillaire des vaisseaux, l'influence nerveuse est incontestablement nécessaire : là, tendent à se confondre et le sang et les tissus auxquels ce sang se distribue; au point de contact, il y a fusion de nature, il n'est plus de limite entre le fluide organisateur et ses produits; là, une nutrition, des sécrétions s'opèrent, et des phénomènes aussi importants ne sauraient se produire complétement sans l'influence nerveuse. On comprend donc qu'en supprimant cette influence, pour ne parler ici que de l'appareil musculaire, on occasionne une lésion de nutrition dont les effets se prononcent peu à peu et s'annoncent d'abord par la décoloration de la fibre charnue; puis, qu'avec le temps, celle-ci, perdant peu à peu ses caractères organiques, finisse par perdre aussi sa propriété essentielle, l'*irritabilité.* Si, pour la conserver, il faut encore, comme l'expérience le démontre, que le muscle participe à la circulation, cela revient à dire qu'il demeure irritable à la condition d'être vivant, ce qui ne doit ni surprendre, ni empêcher de voir dans l'irritabilité une force inhérente à la fibre musculaire pénétrée de la vie.

Si une réaction nerveuse sur le système capillaire sanguin est indispensable pour vivifier le tissu musculaire comme tous les autres, cette réaction est-elle réellement confiée, comme nous venons de le supposer, aux ramifications terminales des nerfs de sentiment, ou bien à une classe spéciale de fibres nerveuses décrites, dans ces derniers temps, sous le nom de *fibres grises* ou *organiques?*

Ces fibres spéciales qui, d'après divers auteurs, présideraient aux actes de nutrition et de sécrétion, s'allient surtout aux nerfs de sensibilité, comme la cinquième paire, les racines spinales postérieures, etc. ; d'où l'impossibilité dans laquelle on se trouve de diviser les unes sans les autres. Mais il arrive parfois que les maladies semblent isoler, surtout dans le nerf trijumeau, les fonctions des fibres sensitives de celles qu'on attribue aux fibres organiques, puisque, dans les observations assez nombreuses de lésion de ce nerf, on constate qu'il y a eu tantôt perte de la sensibilité générale seulement, et tantôt à la fois perte du sentiment et trouble notable dans la nutrition de toutes les parties de la face, y compris les muscles. Il serait donc possible que les nerfs sensitifs n'eussent aucune influence directe sur l'entretien de l'irritabilité musculaire qui, comme propriété inhérente aux muscles vivants, dépendrait de l'abord du sang artériel et de la réaction vivifiante des *nerfs* dits *organiques.*

III. INFLUENCE DES AGENTS ÉLECTRIQUE, MÉCANIQUES ET CHIMIQUES SUR LE SYSTÈME NERVEUX.

A. Action de l'électricité sur le système nerveux.

L'agent électrique est, entre tous les agents stimulants, celui qui met en jeu l'excitabilité nerveuse avec le plus d'énergie et le plus longtemps, puisqu'il est le seul qui puisse encore la rendre manifeste, quand déjà tous les autres stimulants connus sont sans la moindre action sur elle : il peut aussi amener, dans cette pro-

priété, des changements notables dont il nous faudra étudier les conditions.

L'électricité est d'un emploi fort utile pour le physiologiste, quand il s'agit de déterminer la part de chaque fraction du système nerveux dans les phénomènes de mouvement ou de sensibilité : pour comprendre tout d'abord combien son intervention est précieuse dans de pareilles déterminations, il suffit de savoir qu'en faisant passer un courant dans un cordon nerveux qui vient d'être séparé de l'axe cérébro-spinal, on n'obtient des contractions musculaires que si ce cordon a pour fonction de présider au mouvement; tandis que s'il est en rapport avec l'exercice de la sensibilité, les résultats sont tout à fait négatifs, au point de vue de la contraction des muscles.

Nous devrons donc examiner successivement l'influence de l'électricité sur l'appareil nerveux moteur et sur l'appareil nerveux sensitif.

Mais d'abord, il importe de rappeler que si l'on réunit les deux pôles d'une pile au moyen d'un corps conducteur, il s'établit, dans ce dernier, un courant qui va du pôle positif au pôle négatif, et que, dans leurs recherches sur l'excitation de la contraction musculaire par le courant électrique, les physiciens ont dû tenir compte du sens suivant lequel les nerfs étaient traversés par ce courant.

Ils ont appelé celui-ci *direct* ou *inverse*, suivant qu'il circule du centre nerveux à la périphérie, ou, au contraire, de la périphérie au centre nerveux : ainsi, avec le *courant direct*, le pôle positif de la pile est plus rapproché de l'origine du nerf que le pôle négatif, et par conséquent c'est le contraire qui a lieu avec le courant inverse.

Ceci étant posé, nous allons chercher à déterminer la relation qui existe entre le sens du courant électrique et les contractions musculaires dues à ce courant.

Influence de l'électricité sur les nerfs moteurs et sur les faisceaux antérieurs de la moelle épinière. — Jusqu'à présent, les physiciens ont étudié l'action du courant électrique, spécialement sur les nerfs lombaires et sciatiques des animaux, c'est-à-dire sur des cordons nerveux qu'on appelle *mixtes*, parce qu'ils sont composés de filets dont les uns conduisent les impressions, et les autres le principe de la contraction musculaire.

Cette étude commencée par Lehot (1), poursuivie par Bellingeri (2), Nobili (3), Marianini (4) et Matteucci (5), a démontré que si, dans une portion de la longueur d'un nerf de cette double nature (encore adhérent ou non à l'axe cérébro-spinal), on fait passer tout d'abord un *courant direct* ou dirigé du cerveau aux extrémités nerveuses, des contractions surviennent dans les muscles inférieurs, en fermant comme en ouvrant le circuit; et que les mêmes phénomènes sont produits par un courant *inverse*, c'est-à-dire par celui qu'on dirige des extrémités du nerf vers l'encéphale.

(1) Mémoire lu à l'Institut, le 26 frimaire an IX; dans *Histoire du galvanisme*, etc., t. II, par P. Sue. Paris, 1802.

(2) *Expériences et observations sur le galvanisme*; dans le t. XXIII des *Mém. de l'Acad. des sciences* de Turin.

(3) Cité par Matteucci dans son *Traité des phénom. électro-physiol. des animaux*, p. 197. Paris, 1844.

(4) *Mém. sur la secousse qu'éprouvent les animaux au moment où ils cessent de servir d'arc de communication entre les pôles d'un électro-moteur*, etc.; dans *Journ. des progrès*, t. XVIII, p. 84; 1829.

(5) *Ouv. cit.*

Mais ces auteurs ont vu bientôt apparaître une autre période persistante, dans laquelle les contractions n'ont plus lieu que dans deux cas : 1° *au commencement du courant direct; 2° à l'interruption du courant inverse.*

Telle est l'unique loi générale, admise aujourd'hui, sur la relation du sens des courants électriques avec les contractions musculaires qu'ils excitent, en passant dans les nerfs des animaux vivants ou récemments tués.

La découverte fondamentale de Ch. Bell sur les fonctions différentes des faisceaux de la moelle épinière et des racines des nerfs rachidiens, nous a conduits, Matteucci et moi (1), à rechercher si la loi précédente, loi établie par des expériences exécutées seulement sur des nerfs mixtes, serait applicable ou non à des parties du système nerveux dont l'action n'est que centrifuge, ou exclusivement motrice : c'est assez dire que nos recherches ont dû être d'abord dirigées sur les racines spinales antérieures et sur les faisceaux correspondants de la moelle épinière.

Dans ces recherches, il importe de soumettre toujours la même racine antérieure au même courant; d'employer celui-ci d'abord tellement faible qu'il donne à peine lieu à des contractions; de ne pas s'arrêter aux premiers phénomènes qui, à cause de la trop grande excitabilité de la racine, ne sont jamais bien nets, mais de continuer l'usage du même courant jusqu'à ce qu'un effet durable et constant apparaisse; d'opérer sur les racines lombaires, parce qu'elles offrent plus de longueur, et permettent plus facilement d'éviter les dérivations de courants sur les parties voisines; de bien étancher le sang et d'enlever l'humidité qui entoure la racine sur laquelle on agit; d'isoler celle-ci à l'aide d'une languette de taffetas verni ou d'un fil de soie qui l'étreigne et serve à la soulever sans tiraillement; enfin, d'isoler surtout la pile avec le plus grand soin (2), ce dont on s'assure en touchant séparément le nerf avec l'un ou l'autre réophore : sans cette dernière précaution, il serait impossible de connaître la direction du courant dans la racine, et les résultats seraient équivoques.

Ajoutons encore que, dans ces expériences délicates, si l'on augmente subitement le nombre des couples, ou si l'on fait passer le courant dans une plus grande longueur de la racine, on pourra voir réapparaître *momentanément* un peu de confusion dans les phénomènes, c'est-à-dire des contractions musculaires en ouvrant et en fermant le circuit, quelle que soit la direction du courant : mais le résultat que nous allons faire connaître ne tardera point à se reproduire avec la plus grande netteté.

La racine spinale antérieure a été soumise aux courants *direct* et *inverse*, dans les quatre conditions suivantes : la racine antérieure et la postérieure correspondante étant intactes; l'une et l'autre divisées; la postérieure intacte et l'antérieure divisée; la postérieure divisée et l'antérieure intacte.

Dans tous ces cas, les contractions des muscles, animés par la racine antérieure sur laquelle on agit, se manifestent d'abord confusément au commencement et à la fin du courant, quel que soit le sens dans lequel il circule; mais, après un certain temps (un peu plus long si la racine antérieure adhère encore à la moelle), les effets deviennent nets et durables : *les contractions n'ont plus lieu*

(1) *Mémoire sur la relation qui existe entre le sens du courant électrique et les contractions musculaires dues à ce courant*, par Matteucci et Longet. (*Mém. lu à l'Acad. des sc.*, dans la séance du 9 septembre, 1844.)

(2) Nous avons fait usage d'une pile à auges, chargée avec de l'eau acidulée à l'aide de l'acide nitrique : cette pile est commode, parce qu'elle permet de varier le nombre des couples autant de fois qu'on le veut pendant la durée de chaque expérience.

qu'au commencement du courant inverse et à l'interruption du courant direct.

Cette complète opposition avec ce qu'on observe sur les nerfs mixtes (le sciatique, par exemple, *ou le nerf rachidien pris immédiatement au-dessous du ganglion inter-vertébral*), nous a engagés à répéter les expériences un grand nombre de fois sur divers animaux : leurs résultats, constatés chez le cheval, le chien, le lapin et la grenouille, ont été invariables.

Mais, pour les reproduire avec certitude chez la grenouille, il est indispensable (à cause du peu de longueur des racines, de l'extrême facilité avec laquelle l'excitation galvanique se transmet au-delà du ganglion inter-vertébral, et par conséquent au nerf rachidien mixte) de prendre certaines précautions qui, quoique bien simples, ne se sont révélées à nous qu'après des essais longtemps réitérés. Après avoir séparé la moelle de l'encéphale et avoir ouvert le rachis du côté de la cavité abdominale, on glisse des languettes de taffetas verni au-dessous des racines lombaires antérieures laissées adhérentes à une suffisante longueur de la moelle épinière ; puis, ayant coupé tous les nerfs lombaires du côté opposé à celui de l'expérience, on applique l'extrémité d'un réophore sur la partie antérieure de la moelle, et l'extrémité de l'autre sur un point de la racine antérieure assez rapproché de cet organe : dans ce cas, les effets se manifestent bientôt d'une manière aussi tranchée que chez le chien, c'est-à-dire que les contractions du membre abdominal ne s'observent que dans deux cas, au commencement du courant inverse et à l'interruption du courant direct. Mais si, appliquant les deux réophores sur la racine antérieure elle-même, vous vous rapprochez du ganglion inter-vertébral, et que l'excitation soit transmise au nerf mixte situé immédiatement au-dessous de ce ganglion, vous verrez les phénomènes se renverser et apparaître tels qu'ils ont lieu avec les nerfs qui n'ont pas une action exclusivement centrifuge, comme les racines antérieures.

Un fait digne de remarque, c'est qu'en continuant à faire passer un courant dans les racines antérieures divisées (chez le cheval, le chien, etc.), on voit les contractions musculaires, excitées par le courant inverse qui commence, persister beaucoup plus longtemps que celles dues au courant direct qui cesse.

Arrivons à l'influence du courant sur les faisceaux blancs antérieurs et latéraux de la moelle épinière.

Après avoir coupé transversalement la moelle au niveau de la douzième vertèbre dorsale, et incisé la dure-mère qui revêtait son bout caudal, nous avons divisé et écarté toutes les racines antérieures et postérieures au niveau de la longueur des faisceaux antérieurs sur laquelle nous nous proposions d'agir; et, les ayant dépouillés de la pie-mère dans les points où devaient être appliquées les extrémités des réophores, nous avons constaté que les contractions survenaient (après quelques instants ou après l'extinction de toute *action réflexe*), dans le train postérieur de l'animal (chien), seulement au commencement du courant inverse, et à l'interruption du courant direct, c'est-à-dire comme avec les racines antérieures.

Quant aux faisceaux latéraux, ils réagissent avec les courants *direct* et *inverse* à la manière des antérieurs, en occasionnant toutefois des secousses convulsives moins persistantes et moins énergiques.

Nos expériences sur les faisceaux antérieurs de la moelle ont été souvent reproduites non seulement sur des chiens, mais encore sur des lapins, des grenouilles, et enfin sur une couleuvre à collier (*coluber natrix*).

Quelques physiologistes ayant considéré la substance grise de la moelle épinière comme indispensable à la transmission des impressions et du principe des mouvements volontaires, nous déclarons que, chez le chien, nous l'avons constamment trouvée insensible et inapte à provoquer des secousses convulsives sous l'influence de l'électricité et des irritants mécaniques; que sa destruction dans une longueur aussi considérable que possible, à l'aide d'un stylet, n'a aucunement modifié la sensibilité des faisceaux médullaires postérieurs, ou l'excitabilité des antérieurs.

Ajoutons enfin que, *toute action réflexe* ayant disparu dans le bout caudal de la moelle divisée (chez le chien), la stimulation des faisceaux postérieurs n'a jamais donné lieu à la moindre contraction musculaire, *quel que fût d'ailleurs le sens du courant électrique.* Il en est de même des racines postérieures, après qu'on les a séparées de la moelle épinière. Au contraire, si elles adhèrent encore à cet organe, que le courant soit inverse ou direct, c'est toujours quand *on ferme le circuit* qu'elles provoquent des secousses convulsives, qui ne sont dues évidemment qu'à une incitation réfléchie sur les racines antérieures, puisque la section de ces dernières fait cesser à l'instant même toute contraction.

Si les phénomènes que nous venons de faire connaître sont de nature à éveiller l'attention du physicien, ils peuvent aussi recevoir du physiologiste des applications utiles, et lui servir à appuyer d'arguments nouveaux la distinction, dans le système nerveux, des agents de la sensibilité et de ceux du mouvement.

Tout en admettant des propriétés et des fonctions différentes dans les deux ordres de racines spinales, un assez grand nombre d'expérimentateurs, surtout en Allemagne, entretiennent encore des doutes sur la mission *exclusivement* motrice de la partie blanche antérieure (1) de la moelle épinière, doutes que je me suis déjà efforcé de dissiper dans un travail inséré dans les *Archives générales de médecine* (2).

Or, toute incertitude à cet égard nous semble désormais impossible, puisque, sous l'influence des courants *direct* et *inverse*, les cordons blancs antérieurs de la moelle réagissent constamment à la manière des racines spinales antérieures dont l'action est seulement centrifuge, et non à la manière du sciatique, par exemple, dont l'action est centripète et centrifuge, c'est-à-dire sensitivo-motrice.

Dès lors la physiologie se trouve en possession d'un moyen sûr, emprunté à la physique, pour pouvoir distinguer les nerfs qui ne conduisent que le principe de la contraction musculaire, de ceux qui conduisent à la fois ce principe et les impressions périphériques, et qu'on a coutume d'appeler *nerfs mixtes.*

Mais, à une distance variable de l'axe cérébro-spinal, tous les cordons nerveux *mixtes* ne le sont point au même degré, c'est-à-dire que tel cordon, sous un névrilème commun, n'offre, à côté d'un nombre considérable de filets moteurs, que le petit nombre de filets sensitifs auxquels le système musculaire emprunte sa sensibilité propre (facial, hypoglosse, moteur oculaire commun, spinal ou nerf accessoire de Willis, etc., etc.) : tandis que tel autre cordon nerveux se compose non seulement des précédents filets, mais encore de ceux qui, se distribuant au

(1) Inférieure chez la plupart des animaux.

(2) *Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions des faisceaux de la moelle épinière et des racines des nerfs rachidiens; avec un examen historique et critique des expériences faites sur ces organes depuis sir Ch. Bell*, 1841, par A. Longet.

système tégumentaire, sont appelés à transmettre les impressions de la périphérie au centre encéphalique; tels sont presque tous les nerfs destinés aux membres thoraciques et abdominaux.

Il devenait donc intéressant de savoir si une pareille différence dans la constitution du nerf pourrait se révéler à l'expérimentateur, en variant la direction du courant électrique. Or, avons-nous dit, l'effet le plus nettement opposé s'observe, quand on le dirige comparativement sur la racine rachidienne antérieure (purement *motrice*), ou sur le nerf rachidien (franchement mixte ou *sensitivo-moteur*) pris immédiatement au-dessous du ganglion inter-vertébral. Chose remarquable, la même opposition dans les phénomènes n'existe plus, d'une manière aussi tranchée, pour les nerfs dans lesquels les filets de mouvement prédominent de beaucoup sur les filets de simple sensibilité musculaire (facial, hypoglosse, moteur oculaire commun, etc.). Les résultats se sont montrés, en quelque sorte, intermédiaires à ceux que nous avions obtenus, d'une part avec les racines antérieures, et de l'autre avec les nerfs rachidiens stimulés au-dessous des ganglions (1) : d'où il résulte que la présence, dans un nerf moteur, de quelques fibres nerveuses sensitives ou à action centripète, suffit pour modifier les phénomènes, et que l'électricité est un agent précieux pour découvrir ces fibres, alors même que le scalpel de l'anatomiste serait inhabile à en démontrer l'existence.

Rappelons qu'au contraire les nerfs facial, hypoglosse, moteur oculaire commun, spinal, etc., pris à leur origine et avant toute anastomose sensitive, se comportent, quand on change la direction du courant, absolument comme les racines antérieures, et non comme les nerfs mixtes.

Ainsi, l'influence du courant électrique diffère donc totalement quand elle s'exerce sur les nerfs *exclusivement moteurs*, dont l'action n'est que centrifuge, ou sur les nerfs *mixtes*, dont l'action est à la fois centrifuge et centripète.

Les premiers excitent les contractions musculaires seulement au commencement du courant *inverse* et à l'interruption du courant *direct*, tandis que les seconds ne les font apparaître qu'au commencement du courant direct et à l'interruption du courant inverse.

Les faisceaux antérieurs de la moelle épinière se comportent avec les courants direct et inverse à la manière des nerfs simplement moteurs.

Cette action différente et remarquable des courants électriques sur les nerfs seulement moteurs, ou moteurs et sensitifs à la fois, nous paraît fournir un moyen sûr pour distinguer ces nerfs les uns des autres, et pouvoir servir, par conséquent, à éclairer une question qui divise encore aujourd'hui les physiologistes, celle de savoir s'il existe ou non des nerfs *mixtes* dès leur origine.

S'il est incontestable que, à une certaine période et avec un certain degré d'excitabilité, les nerfs mixtes n'excitent les contractions musculaires qu'au commencement du courant direct et à l'interruption du courant inverse, comme l'ont établi Lehot (2) et Marianini (3); qu'au contraire, les nerfs exclusivement moteurs

(1) Quoique plus énergiques, au commencement du courant *inverse* et à l'interruption du courant *direct*, les contractions ont persisté légèrement à l'interruption du premier et au commencement du second.

(2) Mémoire lu à l'Institut national, le 26 frimaire an IX; dans *Histoire du galvanisme*, t. II, par P. Sue. Paris, 1802.

(3) *Mémoire sur la secousse qu'éprouvent les animaux au moment où ils cessent de servir*

ne les produisent qu'à l'interruption du premier et au commencement du second, comme le démontrent nos propres recherches faites avec Matteucci (1), il importe maintenant de mettre en évidence les circonstances diverses qui modifient l'action du courant électrique sur les cordons nerveux des animaux vivants ou récemment tués.

I. Depuis Valli (2), on admet que le courant électrique, quel que soit d'ailleurs le sens dans lequel il circule, ne donne plus lieu à aucune secousse convulsive, dès l'instant où les aiguilles sont laissées en place, c'est-à-dire aussitôt que le circuit est fermé, et que le passage du courant dans le nerf moteur devient continu.

Mais, comme nous l'avons constaté dans nos propres expériences, cette proposition n'est vraie que si le courant est très faible : car, s'il a une certaine puissance, on ne manque jamais d'observer, dans les premiers instants de son passage, des contractions violentes et même tétaniques qui durent plus ou moins longtemps, suivant l'excitabilité des parties et l'intensité du courant continu.

Des variations très légères dans cette intensité peuvent réveiller les secousses convulsives : celles-ci ont lieu, par exemple, si l'on replie le nerf sur lui-même de manière à changer les points de contact, c'est-à-dire à diminuer ou à augmenter la longueur du circuit, ou bien encore si l'on exerce une dérivation quelconque sur le courant continu.

Si donc, après quelques instants de passage, le courant électrique ne suscite plus de secousses convulsives, ce n'est qu'à la condition de circuler d'une manière régulièrement continue dans le nerf du mouvement : le moindre changement, survenu dans les circonstances de transmission, lui restitue son pouvoir d'exciter la force nerveuse à se manifester par des contractions.

II. Quand on dirige, dans l'épaisseur d'un tronc nerveux moteur, un courant exactement transversal, il ne survient aucune contraction musculaire.

Ce fait, que nous pensions, Guérard et moi (3), avoir signalé les premiers, avait déjà été vu par Galvani, au rapport de Matteucci (4) qui l'a confirmé depuis par ses propres expériences.

Aussitôt que les extrémités des deux réophores cessent d'être en regard, c'est-à-dire que le courant ne suit plus une direction perpendiculaire à celle du nerf soumis à l'expérience, les contractions apparaissent, quand bien même la longueur de ce nerf, interceptée entre les deux pôles, équivaut à sa largeur d'abord traversée par le courant : le sciatique du chien, à cause de son volume considérable, se prête facilement à ces expériences comparatives.

Ajoutons que d'ailleurs les contractions musculaires deviennent de plus en plus énergiques, à mesure que l'on comprend, entre les deux pôles, une portion de plus en plus longue du tronc nerveux ; que, par conséquent le *maximum* d'effet s'observe, quand l'extrémité de l'un des réophores étant appliquée au nerf lui-même, celle de l'autre est mise en rapport avec les muscles auxquels ce nerf va se distribuer.

III. Dans le cas où deux nerfs moteurs, qu'on vient de séparer de l'axe

d'arc de communication entre les pôles d'un électro-moteur, et sur quelques autres phénomènes physiologiques produits par l'électricité; dans *Journal des progrès*, t. XVIII, p. 84, 1829.

(1) *Mém. cit.*

(2) *Lettres sur l'électricité animale*, adressées à de Lamétherie et à Desgenettes, 1792.

(3) *Bullet. de la Soc. philomat.*, novembre 1842.

(4) *Traité des phénomènes électro-physiologiques des animaux*, p. 222. Paris, 1844.

cérébro-spinal, sont soumis comparativement l'un à l'action du courant direct et l'autre à celle du courant inverse, les expériences sur les animaux démontrent que les contractions locales sont d'abord constamment plus violentes avec le direct qu'avec l'inverse ; et si l'on vient soi-même à fermer le circuit d'une pile composée d'un assez grand nombre d'éléments, en touchant un pôle de celle-ci avec une main, et le second avec l'autre main, la secousse la plus forte est toujours ressentie au bras dans lequel circule le courant direct.

IV. Quoique tout courant continu, dirigé dans un nerf de mouvement, ne suscite plus, quelques instants après l'établissement de son passage, aucune secousse convulsive, il n'en agit pas moins en modifiant profondément l'excitabilité nerveuse, à laquelle il imprime des caractères qui varient avec le sens dans lequel il circule.

Ainsi, tandis que le courant *direct* continu affaiblit et détruit rapidement l'excitabilité des nerfs moteurs, le courant *inverse* continu l'exalte, dit-on, dans certaines limites. Cette dernière observation, qui appartient à Pfaff (1), a été reprise par Matteucci (2).

Une grenouille, préparée à la manière de Galvani (c'est-à-dire écorchée, coupée par le milieu du tronc et dépourvue des os du bassin, de sorte que ses deux membres abdominaux ne tiennent plus à un segment de la colonne vertébrale qu'à l'aide des nerfs lombaires), est mise à califourchon sur deux capsules pleines d'eau dans laquelle plongent les extrémités de ses pattes; puis les conducteurs d'une pile suffisamment forte sont immergés dans les capsules, de manière à établir un courant continu. Au bout d'un laps de temps qui varie selon la force du courant et le degré d'excitabilité nerveuse, on peut facilement reconnaître que, dans le membre parcouru par le courant direct, il n'y a plus de contractions, ni en fermant le circuit, ni en l'ouvrant; tandis que celles qu'on observe, longtemps après, dans le membre soumis au courant inverse, et qu'on obtient en interrompant le circuit de ce courant, diffèrent à peine des contractions obtenues d'abord quand les nerfs étaient encore doués d'une grande excitabilité.

Mais, l'expérience précédente n'étant propre qu'à démontrer que le courant inverse altère moins l'excitabilité des nerfs moteurs que le courant direct, il importe de rappeler celles qui ont été entreprises dans le but de prouver que l'inverse exalte réellement cette propriété.

« Si, dit Matteucci (3), un nerf est parcouru pendant plusieurs heures, même trois ou quatre, par le courant inverse, il arrive, dans le plus grand nombre des cas, qu'à l'interruption du circuit, le membre éprouve une contraction très violente, qui dure un certain nombre de secondes et qu'on pourrait appeler tétanique. Il suffit de fermer de nouveau le circuit pour que ce phénomène cesse ; mais ce qu'il est très important de remarquer, c'est qu'au moment où l'on ferme le circuit, dans cette circonstance, il y a une nouvelle contraction après laquelle le membre revient à son état naturel : cette contraction, qui survient quand on ferme le circuit dans le cas du courant inverse, n'existait pourtant plus dans les premiers instants de l'expérience, et elle a reparu après l'action très prolongée de ce courant. »

Puis, pour prouver plus directement encore que les contractions, qu'on observe lorsqu'on vient à ouvrir le circuit du courant inverse, croissent dans de certaines

(1) Cit. par Alex. Humboldt, dans *Expér. sur le galvanisme.*
(2) *Leçons sur les phénomènes physiques des corps vivants*, p. 242. Paris, 1847.
(3) *Loc. cit.*

limites, et d'autant plus que le circuit est resté plus longtemps fermé, le même auteur ajoute : « Si le passage du courant inverse se réduit à une courte fraction de seconde, alors on trouve, en ouvrant le circuit, une contraction plus faible que celle qu'on obtient après qu'il a circulé pendant plusieurs secondes. Il est très facile de parvenir à ce résultat, pourvu que l'on ferme le circuit à l'aide d'une roue qui n'a qu'une dent métallique et sur laquelle on applique un des fils de la pile pendant qu'elle tourne. Lorsque le nerf a perdu une partie de son excitabilité, alors on voit facilement la contraction qui se manifeste en ouvrant le circuit s'accroître proportionnellement au temps que le circuit a été fermé. Ce n'est qu'au bout de quinze ou vingt secondes de passage que le plus grand effet est obtenu. »

Si le courant *inverse* continu possède réellement la propriété d'accroître d'abord l'excitabilité nerveuse, il n'en finit pas moins, dans un temps variable suivant son intensité, par l'annihiler momentanément. Toutefois, comme nous l'avons déjà fait observer, à intensité égale de courant, ce dernier effet a lieu beaucoup plus tard qu'avec le courant direct.

Je signalerai encore un fait qui a éveillé mon attention, c'est qu'un nerf rendu momentanément inexcitable, par l'un ou l'autre courant, redevient toujours plus tôt excitable par l'inverse que par le direct.

V. Le courant *direct* continu, qui, comme on vient de le voir, abolit assez promptement l'excitabilité des nerfs du mouvement, la leur fait perdre spécialement dans la portion de leur trajet qu'il a parcourue.

Supposons qu'un semblable courant ait agi sur le tronc du sciatique pendant un temps suffisant pour le rendre momentanément inexcitable : si nous venons à découvrir les sciatiques poplités interne et externe, nous pourrons encore constater leur excitabilité, et si, poursuivant ces expériences, nous la faisons disparaître de ces nerfs, il nous sera encore possible de révéler son existence dans leurs rameaux.

Il semblerait donc que la force nerveuse, mise en jeu par le courant, se réfugiât dans les ramifications terminales d'un tronc nerveux, à mesure qu'elle est expulsée de ce dernier.

Du reste, on sait déjà, d'après les anciennes observations de Valli (1), que, chez les animaux récemment tués « la vie des nerfs musculaires est plus persistante à leur terminaison qu'à leur origine; » et c'est à ce médecin de Pise qu'est due l'observation que quand une portion de nerf moteur est devenue inexcitable par le passage du courant électrique, il suffit de diriger ce même courant sur une autre portion du nerf, plus rapprochée de ses ramuscules terminaux ou musculaires, pour obtenir encore des contractions.

VI. Si le passage d'un courant électrique continu, dans les nerfs moteurs, modifie leur excitabilité, celui d'un courant de même force, interrompu et rétabli à de courts intervalles, la modifie d'une manière encore plus rapide et surtout beaucoup plus profonde : ce fait expérimental, déjà signalé par Nobili (2) et Marianini (3), confirmé par Matteucci (4), a été plus particulièrement démontré par A. Masson.

Vient-on, en effet, après avoir réséqué les nerfs sciatiques, chez la grenouille, à faire passer comparativement, pendant huit à dix minutes, dans l'un, un cou-

(1) *Lettres sur l'électricité animale*, 1792.
(2) *Mém. cit.*
(3) *Mém. cit.*
(4) *Traité des phén. électro-physiol. des animaux*, p. 232 et suiv. Paris, 1844.

rant direct continu provenant de deux éléments ordinaires de Bunsen, dans l'autre, un courant de même intensité et de même direction, mais à action interrompue, il est facile de reconnaître que l'excitabilité est infiniment moindre dans le second que dans le premier : si l'expérience se prolonge, le nerf soumis au courant interrompu aura même déjà cessé d'être excitable, quand l'autre le sera encore, d'une manière évidente, au moins par le courant inverse.

Ce mode d'expérimentation, que j'ai mis en usage, et dans lequel on agit directement sur les nerfs eux-mêmes, m'a paru plus rigoureux que celui qu'on emploie ordinairement et qui consiste à faire passer le courant à travers le corps de l'animal entier.

L'appareil à l'aide duquel Masson est parvenu à donner un grand nombre de commotions électriques très rapprochées aux animaux, et même à leur donner la mort dans un laps de temps très court, consiste en une roue métallique, supportée par un axe également métallique, que l'on fait tourner au moyen d'une manivelle sur deux coussinets amalgamés. Un de ces coussinets communique avec l'un des pôles de la pile, et l'autre pôle est en rapport avec un fil qui, après s'être enroulé en spirale autour d'un cylindre de fer doux, aboutit à une lame métallique immobile que les dents de la roue peuvent venir frapper successivement. Quand on fait tourner celle-ci, le circuit est fermé chaque fois que la lame touche une des dents, et il s'interrompt au moment où l'un des interstices se met en rapport avec elle : en saisissant avec les mains mouillées les deux extrémités du conducteur, on éprouve alors une série de violentes secousses dans les bras. Masson a découvert que, si la vitesse de rotation est très grande, ces secousses ne se produisent plus; et Pouillet a prouvé que, quand la durée des intermittences est d'environ $\frac{1}{300}$ de seconde, on ne peut plus distinguer la discontinuité du passage du courant, et que l'action devient la même que celle d'un courant continu.

Avec cet appareil et deux éléments ordinaires de la pile de Bunsen, nous avons pu, Masson et moi, tuer plusieurs lapins en quelques minutes : les extrémités des réophores, suffisamment espacées, avaient été placées au-dessous des téguments.

Un fait qui m'a beaucoup frappé, dans ces expériences, c'est la perte absolue de toute excitabilité dans l'appareil nerveux moteur, immédiatement après la mort. J'ai appliqué successivement à divers troncs nerveux et à leurs ramuscules terminaux des courants direct et inverse d'une grande puissance, sans jamais parvenir à déterminer les moindres contractions musculaires. Quant aux muscles eux-mêmes, ils réagissaient d'une manière à peine visible, quoique les extrémités des réophores fussent plongées dans leur épaisseur.

Je dois encore mentionner, comme un phénomène remarquable, la roideur cadavérique si prononcée qui survient à la suite de ce genre de mort, et sur laquelle, dès ses premières expériences, Masson avait déjà fixé son attention.

VII. Lorsque, à l'aide d'un courant continu ou d'un courant interrompu de médiocre intensité, un nerf moteur a été modifié au point de perdre son excitabilité, on peut faire renaître cette propriété à l'aide d'un autre courant dirigé en sens contraire de celui qui l'avait d'abord neutralisée.

Cette découverte importante, due à Volta, est connue sous le nom *d'alternatives voltaïques*.

Je suppose le train postérieur d'une grenouille, préparé à la manière de Galvani et écartelé de façon que les extrémités des deux pattes plongent dans deux capsules remplies d'eau : si l'on immerge dans ces capsules les conducteurs d'une

pile assez puissante, et qu'on établisse ainsi un courant direct dans un membre, un courant inverse dans l'autre; au bout d'un laps de temps, qui varie selon l'intensité du courant et le degré d'excitabilité nerveuse, il arrive un moment où le premier de ces membres se contracte seulement à la clôture du circuit, et le second seulement à son interruption, puis, plus tard, apparaît un autre moment où tous deux restent immobiles. Mais alors il suffit d'intervertir la direction du courant dans chaque membre (ce qu'on obtient en changeant la position des pôles de la pile, ou bien en retournant sur eux-mêmes les membres de la grenouille) pour voir, au bout de peu d'instants, de nouvelles contractions survenir, en fermant le circuit, pour le membre traversé par le courant direct, et en l'interrompant, pour l'autre (1). Puis, ces contractions cessent de nouveau, après le passage continu du courant, et plus vite dans ce cas que dans le précédent : alors si l'on renverse de nouveau le sens du courant, c'est-à-dire si on le rétablit comme au début de l'expérience, les contractions se manifestent encore : ces alternatives peuvent être ainsi reproduites un certain nombre de fois sur le même animal (2).

Marianini a reconnu que la durée ou le nombre des alternatives qu'on peut observer sur une même grenouille est d'autant moindre que le courant électrique employé est plus intense, ou que l'excitabilité de l'animal est plus faible.

Il importe de rappeler que, chez l'animal vivant, lorsqu'un nerf moteur a perdu son excitabilité par le passage d'un courant électrique, le repos peut la lui restituer, comme le passage d'un courant en sens contraire : toutefois, l'excitabilité reparaît moins vite par le repos que sous cette dernière influence.

VIII. L'action du courant électrique, sur les nerfs moteurs auxquels on a appliqué une ligature, mérite de fixer l'attention du physiologiste; car elle lui révèle une différence importante entre le mode de propagation de la force nerveuse et celui de l'électricité dans les cordons nerveux.

Pendant qu'on fait passer un courant électrique interrompu dans le bout libre et suspendu du nerf sciatique, par exemple, et qu'ainsi on suscite des contractions musculaires, si l'on vient, en ménageant son névrilème, à désorganiser sa pulpe, à l'aide d'une ligature faite au-dessous du point actuellement soumis à l'action du courant, immédiatement le principe nerveux est enrayé et les contractions cessent. Mais, si l'extrémité d'un réophore est appliquée au-dessus de la ligature, et l'extrémité de l'autre à quelque distance au-dessous d'elle, le courant la traverse et aussitôt reparaissent les contractions musculaires : celles-ci sont dues au principe nerveux émané de la portion du sciatique qui, comprise entre le point ligaturé et le point touché par le réophore inférieur, est stimulée par le courant dont elle-même fait partie.

La ligature est-elle supprimée, et la continuité maintenue à l'aide du névrilème seulement, les phénomènes restent les mêmes.

Il résulte donc, des expériences qui précèdent, cette différence capitale entre l'électricité et le principe actif des nerfs, que l'une est transmissible par le névrilème ou les ligatures, et que l'autre ne l'est point.

IX. Il nous reste maintenant à démontrer que le courant électrique, qu'on

(1) Dès le moment où j'intervertissais la position des pôles, la patte d'abord soumise à l'action du courant direct et devenue inexcitable par ce courant, était constamment prise d'un léger frissonnement musculaire pendant le passage du courant inverse qui lui restituait son excitabilité.

(2) Il est vrai que, dans ces expériences, le courant a agi à la fois sur les muscles et sur les nerfs; mais le phénomène des *alternatives voltaïques* se produit, selon les mêmes lois, dans le cas où l'action du courant est dirigée exclusivement sur les nerfs eux-mêmes.

appliqué aux nerfs du mouvement, n'est point la cause immédiate des contractions, mais qu'il agit seulement comme excitateur *spécial* de la force nerveuse persistante dans cet ordre de nerfs.

Après avoir pratiqué la section de l'un de ces nerfs (*sciatique*, etc.), vient-on à diriger un faible courant dans une petite longueur de son trajet, ou à appliquer de simples irritants mécaniques ou chimiques à son extrémité libre, aussitôt apparaissent des contractions musculaires. Puisqu'il y a eu réaction, sans que le courant ait cheminé dans toute la longueur du bout nerveux jusqu'aux muscles, l'électricité, comme les autres stimulants, paraît donc seulement avoir mis en jeu le principe actif du nerf. L'expérimentation peut convertir cette probabilité en certitude : en effet, j'ai prouvé qu'un nerf moteur, séparé de l'axe cérébro-spinal, perd, après le quatrième jour, tout son principe actif (1), et qu'alors si on applique, même à ses ramuscules terminaux, l'électricité ou tout autre stimulant, aucune contraction ne se manifeste plus. Or, si l'électricité eût été la vraie cause efficiente des mouvements musculaires, observés dans le premier cas, il est évident qu'ils auraient dû continuer ici sous cette même influence, d'autant mieux que les muscles demeurent encore irritables pendant un certain laps de temps. Du reste, alors même que le nerf isolé a perdu, avec la force nerveuse, son aptitude à faire contracter les fibres musculaires si l'on fait passer un courant seulement dans une portion de son trajet, il ne s'en montre pas moins conducteur de l'électricité, comme toute partie animale humide, quand l'un des réophores est mis en rapport avec lui, et l'autre avec les muscles : mais les contractions qu'on observe, dans ce dernier cas, dépendent d'une action directe et immédiate sur la fibre musculaire, dont la propriété contractile persiste, comme je l'ai démontré (2), en l'absence de toute force nerveuse motrice, tant que cette fibre conserve ses caractères organiques.

Je crois devoir rappeler que, si les contractions musculaires deviennent plus énergiques à mesure que l'on comprend, entre les deux pôles, une portion plus longue d'un tronc nerveux encore pourvu de son principe actif, un pareil fait s'explique facilement par les expériences précédentes; car la force nerveuse, alors excitée dans une étendue considérable du nerf, doit produire des effets en rapport avec son intensité.

Influence de l'électricité sur les nerfs sensitifs et sur les faisceaux postérieurs de la moelle épinière. — I. Lehot (3) et Marianini (4) prétendent que, si l'on fait agir l'électricité sur un nerf de sensibilité générale, chez un animal vivant, les signes de douleur apparaissent seulement dans deux cas : au moment où le courant direct cesse, au moment où le courant inverse commence.

Mais, suivant Matteucci (5), dans une première période, la douleur éclate à l'établissement et à la rupture du circuit, quelle que soit d'ailleurs la direction du courant; et les phénomènes observés par Lehot et Marianini ne se montrent que dans une seconde période, c'est-à-dire après quelques instants de passage du courant dans le nerf de sensibilité.

(1) Voyez mon Mémoire intitulé : *Recherches expérimentales sur les conditions nécessaires à l'entretien et à la manifestation de l'irritabilité musculaire*. Paris, 1841.

(2) *Mém. cit.*

(3) *Mém. cit.*

(4) *Mém. cit.*

(5) *Leçons sur les phén. physiques des corps vivants*, p. 229 et suiv.: édit. franç. Paris, 1847.

Matteucci avance encore que les sensations les plus violentes surviennent au début du passage du courant inverse, et que l'animal ne manifeste pas de souffrance pendant que le circuit est fermé, quel que soit le sens dans lequel le courant circule (1).

Dans toutes mes expériences, au lieu de grenouilles et même de lapins, chez lesquels souvent les indices de sensibilité sont difficiles à saisir, j'ai fait usage de chiens ou de chats, qui expriment avec une grande vivacité la plupart de leurs sensations douloureuses; et j'ai pu reconnaître que ces animaux souffrent au moment où le courant inverse et le courant direct commencent à s'établir, ainsi qu'à l'instant où le courant inverse est interrompu, tandis qu'ils ne témoignent jamais aucune douleur à l'interruption du courant direct : de plus, j'ai constaté que, même le circuit étant fermé, constamment tous les signes ordinaires de la douleur se manifestent pendant les premiers instants du passage d'un courant d'une certaine puissance. Mais, vient-on à prolonger l'action du courant continu sur le nerf sensitif, bientôt l'animal cesse ses gémissements et ses cris, il devient calme, et ne paraît plus souffrir, à moins que, déplaçant seulement l'un des réophores, l'expérimentateur ne le fasse glisser vers une partie du nerf supérieure à celle que le courant a déjà traversée.

Ainsi, d'après nos expériences, que nous avons dû reproduire d'autant plus souvent qu'elles ne s'accordent point avec celles des auteurs précédents, les signes de douleur se montrent : 1° au début du passage des courants direct et inverse; 2° à l'interruption du courant *inverse* seulement; 3° le circuit étant fermé, pendant les premiers moments du passage continu de l'un ou l'autre courant.

On sait que si l'on dirige, dans l'épaisseur d'un tronc nerveux moteur, un courant exactement transversal, il ne survient aucune contraction musculaire. Au contraire, j'ai constaté que la douleur n'en est pas moins vive, quand le courant est dirigé de cette manière dans l'épaisseur d'un nerf sensitif, et qu'elle ne paraît point augmentée par l'écartement des deux pôles.

II. Les résultats qui précèdent se sont reproduits dans mes expériences comparatives sur les faisceaux postérieurs de la moelle et sur les racines spinales correspondantes.

Je rappellerai ici que *toute action réflexe* ayant disparu dans le bout caudal de la moelle divisée (chez le chien), la stimulation électrique des faisceaux postérieurs ne donne jamais lieu à la moindre contraction musculaire, quel que soit d'ailleurs le sens du courant.

Il en est de même des racines postérieures, après qu'on les a séparées de la moelle épinière.

Au contraire, si elles adhèrent encore à cet organe, que le courant soit direct ou inverse, c'est toujours quand *on ferme le circuit* qu'elles provoquent des secousses convulsives, qui ne sont dues évidemment qu'à une incitation réfléchie sur les racines antérieures, puisque la section de ces dernières fait cesser à l'instant même toute contraction.

III. Sur le chien, j'ai soumis à l'action du courant électrique la portion ganglionnaire du trijumeau, séparée du nerf masticateur et de l'encéphale; aucune contraction musculaire ne s'est manifestée. Sur le cheval et le chien, après avoir isolé, avec le soin le plus minutieux, du bulbe et des filets les plus élevés du nerf

(1) *Ouv. cit.*, p. 230.

spinal (accessoire de Willis), *les portions ganglionnaires* du pneumo-gastrique et du glosso-pharyngien, afin d'éviter tout mouvement réflexe, j'ai successivement appliqué l'électricité à chacune de ces portions, sans obtenir le plus léger frémissement dans les muscles du larynx, du pharynx, du voile du palais, etc. Aussi, malgré le sentiment contraire d'un assez grand nombre de physiologistes, je n'en persiste pas moins à regarder ces portions ganglionnaires comme des nerfs exclusivement sensitifs, que je range à côté de la portion ganglionnaire du trijumeau et des racines spinales postérieures.

Influence de l'électricité sur les nerfs de sensations spéciales. — C'est un fait assez généralement reconnu que l'action de l'électricité sur les nerfs de sensations spéciales provoque une sensation en harmonie avec les fonctions dévolues à chacun d'eux.

A. Volta (1) démontra, le premier, qu'on éprouve une sensation lumineuse, lorsque le courant électrique vient à stimuler le nerf optique en un point quelconque de son trajet.

Ce phénomène est facile à reproduire, quand bien même l'œil n'est pas compris bien directement dans le courant : en effet, il peut avoir lieu si l'on touche la face interne de la paupière inférieure avec l'un des réophores, et l'intérieur de la bouche avec l'autre (2). Puisqu'un courant, trop faible pour imprimer une secousse au globe oculaire, suffit pour éveiller une pareille sensation, il faut bien admettre qu'elle dépend d'une excitation spécialement dirigée sur le nerf optique lui-même. Toutefois, l'action est plus vive, si l'on emploie une petite pile au lieu d'une simple paire de plaques en cuivre et en zinc : alors, suivant Purkinje (3), quand les deux pôles sont appliqués aux deux conjonctives, on aperçoit une sorte d'éclair toutes les fois qu'on ouvre ou qu'on ferme le circuit; ou bien une lueur jaunâtre apparaît au pôle positif et une teinte de violet clair au pôle négatif. D'après le même observateur, il se produirait encore, dans le champ visuel, des phénomènes locaux particuliers correspondant à l'entrée du nerf optique et au point central de la rétine.

B. Volta (4) fit également agir le courant électrique sur ses nerfs auditifs : en le dirigeant transversalement d'une oreille à l'autre, il éprouva des sensations auditives telles qu'un sifflement, un bruit saccadé, qui persistèrent tant que le circuit fut fermé. Ritter (5), en répétant cette même expérience, dit avoir entendu un son comparable à celui du *sol* ♯ : suivant lui, la sensation n'est perçue qu'au commencement du courant, et le son est plus aigu au pôle négatif.

C. Divers observateurs ont parlé d'une odeur phosphorée, ou d'autres sensations olfactives, perçues sous l'influence d'un courant électrique dirigé dans les fosses nasales. Ritter (6), par exemple, affirme qu'outre l'envie d'éternuer et le chatouillement, il se développe au pôle négatif une odeur ammoniacale et au pôle positif une odeur acide; que ces effets persistent avec le même caractère, si le

(1) Aldini, *Essai théorique et expérimental sur le galvanisme*, p. 108, in-4°. Paris, 1804.

(2) Pfaff (cité par Aldini, *ouv. cit.*, p. 162) a proposé d'utiliser ce phénomène pour distinguer les cataractes simples de celles qui sont compliquées d'amaurose.

(3) *Beobachtungen und Versuche zur Physiologie der Sinne*. Prague, 1823.

(4) *Philos. transact.*, 1800, p. 427. — Aldini, *Essai théorique et expérimental sur le galvanisme*, p. 107, in-4°. Paris, 1804.

(5) *Der Siderismus, oder neue Beiträge zur Nähern Kenntniss des Galvanismus und der Resultate seiner Untersuchungen*, t. I. Tubingue, 1808.

(6) *Ouv. cit.*

circuit est fermé, et qu'ils se renversent aussitôt qu'il est ouvert. Valentin (1) reconnaît qu'ils manquent chez beaucoup d'individus, et R. Wagner (2) n'a jamais pu les produire sur lui-même. Plusieurs fois, j'ai fait passer dans mes fosses nasales des courants électriques d'intensité variable, et j'ai toujours éprouvé un picotement plus ou moins vif dans la pituitaire, accompagné d'une sécrétion abondante de larmes; mais je n'ai jamais perçu aucune sensation olfactive.

Autrefois, Pfaff (3) et A. de Humboldt (4) avaient déjà échoué dans des tentatives analogues.

D. Chacun sait que si l'on agit sur les nerfs gustatifs, en armant la langue avec des métaux hétérogènes, on provoque la perception d'une saveur. Sulzer (5), avant la mémorable découverte de Galvani, avait déjà observé sur lui-même qu'en touchant la langue avec deux pièces de métal, l'une de plomb et l'autre d'argent, il éprouvait une sensation particulière toutes les fois que ces deux pièces étaient mises en contact.

On donne lieu à une saveur acide ou alcaline, suivant la position des lames de zinc et d'argent, dont l'une est appliquée sur la langue et l'autre au-dessous : la saveur alcaline ou la saveur acide se développe au moment où l'on fait toucher ces deux lames entre elles.

Il est bien présumable, d'après ce qui a lieu pour les nerfs optiques et auditifs, que ces effets dépendent d'une action directe de l'électricité sur les nerfs du goût, et non, comme on l'a supposé, de la décomposition des sels de la salive : car un courant aussi faible ne peut pas déterminer une décomposition chimique suffisamment rapide pour rendre compte de sensations aussi promptes à se manifester.

Influence de l'électricité sur les diverses parties de l'encéphale. — Sur des chiens, des chats et des lapins, chez un grand nombre d'oiseaux, j'ai fréquemment fait passer, dans la substance blanche des hémisphères cérébraux, des courants électriques, *en divers sens*, sans jamais parvenir à mettre en jeu la contractilité musculaire involontaire, à développer des secousses convulsives : même résultat négatif avec le même agent dirigé sur la substance grise ou corticale.

Des expériences analogues sur les deux substances du cervelet, sur les couches optiques et les corps striés, ne sauraient non plus me laisser aucun doute sur l'inaptitude de ces organes à exciter des contractions musculaires, sous l'influence du courant électrique, quelle qu'en soit la direction.

Il n'en est pas de même si les tubercules quadrijumeaux ou bijumeaux, les pédoncules cérébraux, la protubérance et le bulbe rachidien sont compris dans le courant : alors surviennent des mouvements convulsifs dans le tronc, les membres, etc. Mais jusqu'à présent, dans ces expériences, il m'a été impossible de saisir, entre le sens du courant électrique et les contractions musculaires dues à ce courant, des rapports analogues à ceux qui ont été mentionnés plus haut soit pour les cordons nerveux mixtes, soit pour les cordons nerveux exclusivement moteurs. Toutefois, l'étage inférieur des pédoncules cérébraux m'a paru se

(1) *Lehrbuch der Physiologie des Menschen*, t. II, p. 547. Braunschweig, 1844.
(2) *Lehrbuch der Physiologie*, etc., p. 355. Leipzig, 1839.
(3) *Loc. cit.*, p. 147.
(4) *Expér. sur le galvanisme*, p. 319; trad. franç. Paris, 1799.
(5) *Nouvelle théorie du plaisir*, 1767.

comporter ordinairement, avec les courants direct et inverse, à la manière des nerfs simplement moteurs (1).

Influence de l'électricité sur le nerf grand sympathique. — Jusqu'à présent, cette influence n'a été étudiée que sur des portions très limitées du grand sympathique, et les expérimentateurs, loin d'avoir tiré de leurs études des conclusions toujours identiques, ont pu parfois avancer les assertions les plus contradictoires.

Volta, Mezzini, Valli, Kleig, Pfaff (2), Behrends (3), etc., crurent observer et publièrent que les contractions du cœur et celles de tous les organes qui sont hors du domaine de la volonté, ne pouvaient être excitées par le courant galvanique; et Bichat (4), qui fit aussi quelques expériences, affirma qu'il lui avait toujours été impossible de déterminer le moindre mouvement du cœur « en armant soit la moelle épinière et le cœur, soit ce dernier organe et les nerfs qu'il reçoit ou des ganglions par le symphatique, ou du cerveau par la paire vague. »

Nos propres recherches, et les expériences d'autres auteurs, expériences dont nous sommes parvenu à reproduire les principaux résultats, nous empêchent d'adopter les opinions précédentes.

Schmuck (5) avança le premier que le cœur est excitable par le galvanisme. Ses essais précédèrent ceux de Fowler (6), qui, à son tour, parvint le premier à changer les pulsations du cœur, sur des animaux à sang chaud, non plus en appliquant, comme Schmuck, les armatures immédiatement au cœur lui-même, mais en galvanisant soit les nerfs récurrents, soit la portion cervicale du grand sympathique.

Ludwig (7), Webster (8) et Creve (9) firent aussi d'autres essais dans lesquels on put soupçonner encore que la fibre musculaire elle-même avait été touchée, ce qui engagea Al. de Humboldt (10) à entreprendre avec son frère une série d'expériences sur le même sujet.

« Nous fîmes tuer, dit ce savant, un renard et deux lapins : dans ces trois animaux, le cœur fut enlevé et un des filets nerveux qui s'y portent fut préparé promptement, de manière qu'on pût y appliquer des armatures *sans toucher le cœur*. Mon frère arma le nerf seulement, et, à chaque contact des métaux, les pulsations du cœur furent manifestement changées; leur vitesse, mais surtout leur force et leur élévation furent augmentées. »

Dans la plupart des expériences précédentes, on a agi sur les filets cardiaques, sans distinction d'origine : j'ai donc cru devoir tenter quelques expériences comparatives sur les filets cardiaques émanés du pneumo-gastrique et sur ceux qui

(1) J'ai dû supposer, dans cette dernière expérience, que le principe du mouvement se propage dans les pédoncules d'avant en arrière, c'est-à-dire du cerveau vers la moelle.

(2) *Histoire du galvanisme, et analyse des différents ouvrages publiés sur cette découverte*, par P. Sue. Paris, 1802.

(3) Behrends, dans sa dissertation, intitulée *Dissertatio qua demonstratur cor nervis carere*, Mayence, 1792, s'est principalement fondé, pour nier l'existence des nerfs de cet organe, sur l'inefficacité de l'irritation galvanique.

(4) *Recherches physiologiques sur la vie et la mort*, 5e édit. 1829, p. 486 et suiv.

(5) *Dissertatio de electricitate corporum organicorum*. Heidelberg, 1791, in-4°. — *Beyträge zur naehern Kenntniss der thierischen Elektricitaet*. Manheim, 1792, in-8°.

(6) *Experim. on animal electricity*, 1794.

(7) *Script. nevrolog. min. select.*, t. IV, p. 408; exp. 3.

(8) *Thatsachen über Verbindung das Magens mit dem Leben*. p. 4. 1796.

(9) *Metallreiz*, etc., p. 96.

(10) *Expériences sur le galvanisme*, p. 342; trad. franç. Paris, 1799.

proviennent du cordon cervical du grand sympathique. Aussitôt après la mort, en appliquant le galvanisme au tronc cervical du pneumo-gastrique (chez le chien, le lapin et le mouton), je ne suis jamais parvenu à modifier le rhythme des battements du cœur ou à les exciter de nouveau au moment où ils venaient de s'éteindre. Au contraire, chez des chiens de forte taille et chez le mouton, en faisant passer un courant dans les filets cardiaques cervicaux eux-mêmes, fournis par ce tronc nerveux, j'ai pu parfois obtenir ces derniers effets. Mais ceux-ci ont été bien plus manifestes et plus constants, lors du passage d'un courant de même intensité, spécialement dans les filets cardiaques venus du ganglion cervical inférieur; ils ont été nuls, au contraire, toutes les fois que le tronc sympathique cervical lui-même a été soumis à la même action.

Ainsi, d'après mes observations, la stimulation galvanique des troncs cervicaux soit du pneumo-gastrique, soit du grand sympathique, ne modifie aucunement les mouvements du cœur, et ne les ranime point quand ils viennent de cesser chez un animal récemment tué; tandis que la même stimulation, appliquée aux rameaux cardiaques provenant de l'un ou de l'autre tronc, peut changer le rhythme des battements de cet organe, et même les faire reparaître peu d'instants après leur cessation. Toutefois, ces effets sont plus manifestes et plus constants, si l'action du courant est dirigée sur les filets cardiaques du grand sympathique que sur ceux du pneumo-gastrique.

Grapengiesser (1) a démontré, contre l'opinion de Volta partagée par un assez grand nombre de physiologistes, que le galvanisme peut aussi déterminer des mouvements péristaltiques du canal intestinal. Chez un malade affecté d'anus anormal, et chez lequel l'intestin, sorti de la cavité abdominale, pendait jusqu'au genou, le même observateur dit encore avoir reconnu « que le galvanisme augmenta l'action des glandes muqueuses, en rendant leurs sécrétions plus abondantes, et qu'en peu de minutes s'écoulèrent de grosses gouttes de suc intestinal. » Mais on pourrait objecter que, dans les expériences de Grapengiesser, le mouvement péristaltique des intestins n'a pas été uniquement l'effet de l'irritation des nerfs, puisque l'expérimentateur ne semble point avoir armé ceux-ci isolément.

J'ai voulu savoir si l'irritation galvanique, limitée aux grands nerfs splanchniques, entraînerait ou non les contractions du canal intestinal. Les expériences ont été faites sur un très grand nombre de chiens : tantôt les contractions ont manqué complétement, et tantôt, quoique déjà éteintes, elles se sont réveillées avec beaucoup de force. Chose remarquable, ce dernier résultat a été obtenu quand l'intestin renfermait des matières alimentaires; celui-ci était-il vide, le plus souvent le courant était sans action (2).

C'est surtout dans les expériences pratiquées sur cette portion du grand sympathique, qu'on peut se convaincre de l'impossibilité de distinguer la moindre différence entre l'action du courant direct et celle du courant inverse, et par conséquent d'établir, comme pour les nerfs cérébro-rachidiens, une certaine relation, entre le sens des courants et les contractions qui leur sont dues. Un nerf moteur cérébro-spinal suscite, quand on le galvanise, des contractions brusques et, pour ainsi dire, aussi promptes que l'éclair à se montrer et à disparaître; au contraire, des divisions du grand sympathique sont-elles soumises à l'action d'un

(1) *Versuche den Galvanismus zur Heilung einiger Krankheiten anzuwenden*. Berlin, 1801.

(2) Qu'il me soit permis, à ce propos, de rappeler que j'avais déjà signalé de pareilles différences relativement à l'influence de la huitième paire sur les mouvements de l'estomac.

courant, la réaction motrice se fait toujours attendre quelques secondes, et n'arrive à son maximum d'intensité que quand la cause stimulante a déjà été soustraite. Ainsi, dans un cas, la contraction commence et cesse avec l'irritation; dans l'autre elle ne commence qu'après l'irritation et dure plus longtemps qu'elle. Le principe nerveux moteur, mis en jeu par l'électricité, diffère donc, quant à la rapidité de sa propagation et à la durée de sa manifestation, dans le grand sympathique et dans les nerfs cérébro-rachidiens.

Tout expérimentateur qui a vu les contractions des cornes utérines, chez une chienne prête à mettre bas, a pu se convaincre de toute la justesse de la comparaison de Haller (1) qui assimilait ces contractions au mouvement péristaltique de l'intestin. Aussi, après avoir constaté que celui-ci peut se mouvoir énergiquement par suite de l'irritation galvanique des grands nerfs splanchniques, n'ai-je pas été surpris de voir l'utérus, quand le même mode d'irritation était appliqué à ses nerfs, se contracter aussi avec une telle force que, sous mes yeux, plusieurs fœtus ont pu être expulsés de sa cavité.

Dans ces expériences, j'ai toujours pris le soin, avant d'appliquer le galvanisme aux rameaux nerveux, d'attendre que les mouvements vermiculaires de l'intestin ou des cornes utérines, déterminés d'abord par l'impression de l'air, eussent complétement cessé.

Tous les faits précédents suffisent donc pour mettre en évidence l'erreur de Volta, reproduite par d'illustres physiologistes: il est, en effet, inexact de croire que les nerfs des organes musculeux qui sont hors du domaine de la volonté soient insensibles à l'action galvanique.

J'ai voulu soumettre à cette action les grands nerfs splanchniques, les nerfs rénaux, les ganglions lombaires et semi-lunaires, chez des chiens vivants, pour savoir si ces animaux témoigneraient ou non de la douleur; et presque constamment, avec un courant assez intense, ils ont manifestement souffert. Mais leurs douleurs n'ont été vives qu'après quelques instants de passage du courant à travers les rameaux nerveux et les ganglions; jamais elles n'ont paru se produire dès les premiers moments de l'expérience, comme cela s'observe avec les nerfs sensitifs cérébro-rachidiens.

B. Influence des agents mécaniques et chimiques sur le système nerveux.

Après les détails dans lesquels nous venons d'entrer relativement à l'action de l'électricité sur le système nerveux, nous pouvons d'autant mieux nous dispenser d'insister sur l'action des autres stimulants, que, quelle que soit la diversité de ces derniers, les phénomènes produits ont beaucoup d'analogie avec ceux que développe l'agent électrique lui-même: hâtons-nous pourtant de reconnaître qu'il existe entre l'action du courant électrique et celle des autres stimulants, sur le système nerveux, quelques différences essentielles dignes de fixer l'attention.

C'est à mettre en exercice, à modifier ou à détruire l'excitabilité et la sensibilité du système nerveux que se réduit l'influence des agents précédents.

De l'axe cérébro-rachidien dérive la force spéciale qui, à l'état normal, se révèle dans les nerfs moteurs par des contractions musculaires, et qui continue de se manifester ainsi, pendant un certain temps, quand on applique un excitant

(1) *Mémoires sur la nat. des part. sens. et irrit.*, t. I, p. 293 et suiv. Lausanne. 1756.

quelconque aux bouts libres de ces nerfs divisés. Si, comme on l'a vu plus haut, une pareille manifestation peut avoir lieu sous l'influence du courant électrique, elle est également possible avec de simples irritations mécaniques (pincement, piqûre, frottement, tiraillement, etc.) et diverses substances chimiques qui, d'après Al. de Humboldt, sont : la potasse, la soude, l'ammoniaque, l'*opium*, le chlorure de baryum, l'acide arsénieux, le tartrate antimonié de potasse, le *chlore* et l'*alcool*.

D'autres réactifs, au contraire, tels que les acides sulfurique, nitrique, chlorhydrique, le chlorure d'antimoine, le deuto-chlorure de mercure, ne produisent aucune contraction locale, lorsqu'on les applique aux extrémités libres des nerfs moteurs.

J'ai provoqué des convulsions locales appréciables en touchant ces nerfs avec l'alcool; les effets ont été nuls avec la dissolution aqueuse d'opium, et avec celle de chlore.

La chaleur et le froid peuvent exciter des contractions musculaires. Elles sont très vives, quand on expose à la flamme d'une bougie le bout libre d'un nerf moteur qui vient d'être divisé : en le touchant avec un morceau de glace, on donne lieu à des effets moins marqués. Du reste, la chaleur et le froid, appliqués de la sorte, peuvent agir à la manière des irritants mécaniques ou chimiques, en détruisant bientôt *localement* la force nerveuse; mais, irrité entre le point brûlé ou refroidi et les muscles, le nerf se montre encore excitable et provoque des contractions.

On a prétendu que si l'on tiraille en long un nerf musculaire, ce nerf perd fréquemment son excitabilité dans toute sa longueur, « et que le muscle lui-même est fort souvent dépouillé de sa faculté contractile, quelle que soit l'espèce d'irritation qui désormais agisse sur lui (1). » Nous n'avons jamais constaté un semblable résultat dans aucun nerf musculaire, lorsque nous l'avons tiraillé sans déchirer ses fibres primitives; et, lors même que cette déchirure a eu lieu, les muscles sont constamment demeurés irritables. Ces expériences ont été reproduites bien des fois : leurs résultats sont d'ailleurs confirmés par d'autres expériences que nous avons déjà rapportées et qui nous ont servi à démontrer que l'irritabilité musculaire se conserve intacte sans le concours des nerfs de mouvement.

Toutes les causes que nous venons de voir mettre en jeu ou anéantir l'excitabilité dans cette classe de nerfs, peuvent aussi, pour la plupart, éveiller ou détruire la sensibilité quand on dirige leur action sur les nerfs de sensibilité générale ou de sensations spéciales.

L'excitation mécanique des nerfs sensitifs, tant qu'ils communiquent encore avec l'axe cérébro-spinal et ne sont pas contus outre mesure, développe de la douleur, et celle de certains nerfs sensoriels (optique ou acoustique) provoque des sensations en rapport avec les fonctions spéciales dévolues à chacun d'eux.

Du reste, toutes les parties de l'axe cérébro-spinal que nous avions trouvées sensibles et excitables par le courant électrique, celles qui s'y étaient montrées insensibles et inexcitables, ont présenté les mêmes caractères avec les irritants mécaniques ou chimiques.

Je suis parvenu à démontrer que certains réactifs chimiques, employés avec discernement, constituent un moyen précieux d'analyse expérimentale qui permet d'isoler, durant la vie des animaux, le principe du sentiment de celui du mou-

(1) *Manuel de physiol.*, par J. Muller; trad. de Jourdan, t. I, p. 533.

vement dans les nerfs mixtes. A ce propos, je rappellerai les résultats des expériences que j'ai faites, spécialement avec l'éther (1), dans le but de déterminer son mode d'action sur les cordons nerveux de cet ordre.

Tout nerf mixte (sciatique, etc.) découvert dans une partie de son trajet, soumis à l'action d'un jet de vapeur d'éther sulfurique ou à celle du même éther liquide, et devenu insensible dans le point éthérisé et dans tous ceux qui sont au-dessous, peut néanmoins demeurer excitable dans ces mêmes points, c'est-à-dire à l'aide d'irritations artificielles directes, continuer d'éveiller la contraction des muscles auxquels il se distribue : j'ajouterai qu'à certaines conditions, il peut même conserver en partie sa faculté motrice volontaire.

Toutes les variations dans les phénomènes dépendent ici de la durée du contact de l'éther avec le tissu nerveux, contact qui, d'ailleurs, ne semble aucunement douloureux, et se borne à exciter parfois localement de légères secousses convulsives.

Dans un premier degré de cette éthérisation directe, qui apparaît au bout d'une minute et demie environ, chez les chiens et les lapins, le cordon nerveux (sciatique), quoique absolument insensible dans les points indiqués, a encore le pouvoir de faire contracter *volontairement* les muscles qu'il anime. En effet, le passage interrompu et réitéré d'un courant électrique *inverse* ou *direct*, avec le soin que les extrémités des réophores ne touchent le nerf qu'au niveau et au-dessous du point éthérisé, ne provoque plus la moindre douleur; mais ce passage vient-il à s'établir au-dessus, l'animal, tout à l'heure impassible, témoigne aussitôt sa souffrance, et les muscles de la jambe, qu'animent les sciatiques poplités interne et externe, ayant été découverts à l'avance, il devient facile de constater que ces muscles participent encore à la contraction volontaire générale (2).

Dans un second degré, qui se manifeste après une éthérisation immédiate un peu plus prolongée (trois ou quatre minutes), le nerf mixte perd le pouvoir qu'il avait encore dans le premier; il est toujours insensible, mais de plus entièrement dépossédé de sa faculté motrice volontaire. Son excitabilité seule lui reste ; propriété qui est due à la persistance du principe du mouvement dans le nerf, et qui permet encore à celui-ci de traduire, par des contractions musculaires, les irritations artificielles dirigées sur son propre tissu, quand déjà la volonté n'exerce plus son empire. Mais il importe de dire que, cette excitabilité, le nerf la conserve encore, qu'il soit lui-même galvaniquement irrité *au-dessus*, *au niveau*, *au-dessous* de la portion soumise à l'action directe de l'éther; en d'autres termes, quoiqu'insensible, il demeure donc excitable dans tous les points de son trajet. La même chose n'a pas lieu plus tard.

Dans un troisième degré, qu'on peut observer après douze à quinze minutes de contact de l'éther avec le nerf, plus de sensibilité, plus de mouvements spontanés dans les muscles comme dans le degré précédent ; mais aussi aucune preuve d'excitabilité de la part du nerf, quand j'y fais passer un courant direct ou inverse *au-dessus du point éthérisé*. Ce point est donc comme s'il avait été contus ou liga-

(1) *Expériences relatives aux effets de l'inhalation de l'éther sulfurique sur le système nerveux* (Mém. lu à l'Acad. roy. de médecine en février 1847, et inséré dans les *Arch. génér. de méd.* et les *Ann. méd.-psychol.*, n° de mars, même année).

(2) Ce mode de vérification (à l'aide du courant électrique) de l'état de la sensibilité dans un tronc nerveux éthérisé, surtout quand on veut reconnaître aussi où en est son pouvoir moteur, m'a paru de beaucoup préférable à celui qui consiste à piquer ce tronc, à l'étreindre entre les mors d'une pince et par conséquent à le désorganiser.

turé, puisqu'il empêche, aussi bien qu'une contusion ou une ligature, la transmission de la force nerveuse motrice. Toutefois, il n'en reste pas moins conducteur de l'électricité elle-même; car si j'applique l'extrémité d'un réophore au-dessus, et l'extrémité de l'autre à quelque distance au-dessous du point éthérisé, le courant le traverse, et aussitôt apparaissent des contractions musculaires dues au principe du mouvement émané de la portion de nerf qui, comprise entre l'endroit éthérisé et le point touché par le réophore inférieur, a été stimulée par le courant dont elle-même a fait partie.

Qu'on n'aille pas croire qu'en prolongeant l'immersion dans l'éther durant quelques instants ou même quelques heures de plus, on parviendrait à faire disparaître le principe du mouvement de la portion du nerf située au-dessous du point qu'on immerge, et à la rendre ainsi inexcitable. Des expériences consignées dans un de nos mémoires (1) ont démontré que le bout périphérique d'un nerf, alors même que celui-ci a été complétement séparé de l'axe cérébro-spinal, ne perd jamais son excitabilité ou sa force nerveuse motrice que vers le cinquième jour après cette séparation.

Les précédentes expériences, relatives à l'éthérisation directe du tissu nerveux, peuvent être conduites de manière à produire tantôt des effets passagers, et tantôt des effets durables. Dans le premier degré, l'anesthésie peut ne pas durer au-delà de quelques instants; dans le deuxième, les facultés sensitive et motrice volontaire se rétablissent quelquefois en moins de douze heures, et quand ce rétablissement a lieu, c'est la première qui reparaît d'abord; dans le troisième degré enfin, où le contact prolongé de l'éther a pu altérer la composition intime du tissu nerveux (2), il n'y a plus lieu d'attendre la restitution lente de ces facultés que de la régénération de ce tissu lui-même (3).

Lorsque, sans avoir recours à l'éthérisation directe du tissu nerveux, on soumet les animaux à l'inhalation des vapeurs éthérées, on peut parvenir à isoler le principe du sentiment du principe du mouvement, non seulement dans les nerfs, mais encore dans les centres nerveux eux-mêmes.

On a déjà vu qu'à l'état normal sont sensibles : *dans le système nerveux central*, les portions postérieures de la protubérance et du bulbe, les tubercules quadrijumeaux à une profondeur déterminée, les faisceaux postérieurs de la moelle épinière; *dans le système nerveux périphérique*, les portions ganglionnaires des nerfs trijumeau, glosso-pharyngien et pneumo-gastrique, les racines postérieures des nerfs spinaux. Telles sont aussi, par conséquent, les diverses parties de l'appareil nerveux sensitif, sur lesquelles ont dû porter nos expériences successives, pour y démontrer la perte absolue de la sensibilité.

(1) *Recherches expérimentales sur les conditions nécessaires à l'entretien et à la manifestation de l'irritabilité musculaire, avec des applications à la pathologie*. in-8°. Paris, 1841.

(2) C'est à l'anatomie microscopique surtout de nous éclairer sur l'espèce d'altération que l'éther liquide a fait subir à la matière nerveuse durant la vie. Déjà M. Serres a essayé de faire pressentir la nature de cette altération (*Séance du 8 février de l'Acad. des sc.*). Il est porté à croire « que l'éther liquide agit sur le tissu nerveux, en dissolvant ou altérant les éléments de matière grasse qui entrent dans sa composition intime. »

(3) Il me paraît utile de déclarer que les effets relatés plus haut ne doivent pas *tous* être attribués à une action spéciale de l'éther sulfurique liquide sur le tissu nerveux; qu'au contraire, plusieurs d'entre eux peuvent être reproduits à l'aide de ligatures plus ou moins serrées, du froid, de la chaleur, de l'opium, de l'alcool, des acides, des alcalis, et d'autres réactifs encore à des états variables de concentration.

Quant à l'*appareil nerveux moteur* (1), quoiqu'en général ébranlé et amoindri dans son action, comme le démontre le relâchement assez fréquent des muscles chez l'homme, pourtant il continue de réagir, chez les animaux, à l'aide des irritations électriques; et même, la relation, qui existe normalement entre le sens du courant électrique et les contractions musculaires dues à ce courant, persiste; c'est-à-dire que, comme je l'ai démontré de concert avec mon ami le professeur Matteucci (2), les parties nerveuses exclusivement motrices (*faisceaux antérieurs de la moelle et racines spinales antérieures*) continuent d'exciter les contractions musculaires seulement au commencement du courant inverse et à l'interruption du courant direct, tandis que les nerfs mixtes (*nerfs des membres*, etc.), dont l'action est à la fois centrifuge et centripète, ne les font apparaître qu'au commencement du courant direct et à l'interruption du courant inverse.

Loin que l'excitabilité des faisceaux antérieurs de la moelle, des parties antérieures du bulbe et de la protubérance, des racines spinales antérieures et des nerfs moteurs crâniens, cesse de pouvoir être mise en jeu, par le courant électrique, durant la vie des animaux éthérisés, comme l'ont prétendu quelques expérimentateurs, elle se manifeste encore par des contractions musculaires même chez ceux qui sont morts à la suite d'une éthérisation trop prolongée, comme nous l'avons reconnu dans des expériences maintes fois réitérées.

Toutefois, à l'aide du courant électrique, on constate, après la mort, que l'irritabilité des muscles et l'excitabilité des nerfs de mouvement durent moins chez les animaux tués par l'éther que chez ceux qui ont succombé à une autre cause de mort, à la section du bulbe, par exemple.

L'animal éthérisé a donc seulement perdu temporairement, à cause des modifications profondes, mais passagères, de son encéphale, la faculté de pouvoir exécuter des mouvements *spontanés :* mais on ne saurait avancer que le principe incitateur du mouvement, ou la *force nerveuse motrice* proprement dite, eût momentanément et complétement disparu d'une portion quelconque de son appareil nerveux moteur, puisque cette force (après un laps de temps déterminé, dût-elle ne plus s'y manifester sous l'influence des stimulants mécaniques ou chimiques), ne manque jamais de s'y révéler, au moins pendant la vie, par les contractions musculaires qu'elle provoque nécessairement sous l'influence de la stimulation électrique appliquée à l'organe nerveux lui-même.

Au contraire, ce dernier mode de stimulation, employé avec une assez grande énergie, a, comme tous les autres, constamment échoué entre nos mains, pour nous révéler, par la douleur, l'existence du principe du sentiment dans un point quelconque de l'appareil nerveux sensitif des animaux éthérisés à un degré convenable; d'où il semble résulter que l'action de l'éther est bien autrement subversive des fonctions dévolues à ce dernier appareil, que de celles qui appartiennent au système nerveux moteur.

D'ailleurs, l'occasion ne s'offre-t-elle pas chaque jour de constater que les fonctions de l'un persistent plus longtemps, meurent moins vite, pour ainsi dire, que

(1) Cet appareil se compose *des cordons latéro-antérieurs de la moelle*, prolongés dans le bulbe, la protubérance, les tubercules quadrijumeaux ou bijumeaux, etc., c'est-à-dire dans les divers foyers centraux de l'innervation; *des trente et une racines spinales antérieures*, *et des sept nerfs moteurs crâniens.*

(2) *Sur la relation qui existe entre le sens du courant électrique et les contractions musculaires dues à ce courant*; dans *Annales médico-psychologiques*, nov. 1844, et *Ann. de chimie et de physique*, même année.

les fonctions de l'autre? Voyez cet animal que la mort vient de frapper : chez lui, plus de principe du sentiment, plus de mouvements volontaires possibles ; et pourtant le principe du mouvement (*principe actif des nerfs*, *force nerveuse motrice*) n'a encore abandonné ni la région antérieure de sa moelle, ni ses racines spinales antérieures, etc.; aucune partie de son appareil nerveux moteur n'est atteinte d'*immotricité* ; toutes conservent l'aptitude à exciter des contractions musculaires sous l'influence d'irritations artificielles et immédiates, et ne la perdent qu'avec le froid de la mort.

Si donc, chez l'animal éthérisé, qui pourtant vit et respire, cette aptitude eût réellement disparu, c'eût été plus que ce qu'on voit sur le cadavre lui-même.

A propos des expériences précédentes qui m'ont permis d'isoler le principe du sentiment du principe du mouvement, dans le système nerveux cérébro-spinal, je crois devoir renvoyer le lecteur aux expériences dans lesquelles aussi, à l'aide de l'éther, je suis parvenu à distinguer, dans l'encéphale, le siége de la sensibilité générale de celui de l'intelligence et de la volonté (voy. p. 38).

Parmi les agents chimiques, dont l'emploi exagéré peut déterminer la mort des animaux, les uns ne semblent point modifier l'excitabilité des nerfs de mouvement; les autres, au contraire, la détruisent avec rapidité ; d'autres, enfin, sans modifier d'abord, d'une manière appréciable, cette propriété dans les cordons nerveux, l'exaltent momentanément dans la moelle épinière pour la faire disparaître de tout le système cérébro-spinal beaucoup plus tôt que dans les genres de mort ordinaires.

Pour apprécier, dans ces divers cas, l'état de l'excitabilité nerveuse, on peut se servir fort utilement du courant électrique que l'on dirige comparativement dans les nerfs d'un animal tué par la section du bulbe, par exemple, et dans ceux de l'animal empoisonné. Alors, comme Matteucci, l'expérimentateur faisant passer dans ces nerfs, pendant un temps déterminé, un courant électrique continu, pourra être guidé, dans son appréciation, par le temps variable qui sera nécessaire pour la disparition entière de l'excitabilité dans un cas et dans l'autre.

On arrive ainsi à démontrer : 1° que les animaux, ayant succombé dans l'hydrogène, l'azote, l'acide carbonique, le chlore, ne présentent aucune différence avec les autres animaux mis à mort sans avoir éprouvé l'action de ces gaz; 2° que ceux qu'on tue par l'acide cyanhydrique perdent, contrairement à ce qui a lieu ordinairement, l'excitabilité de leurs nerfs après quelques secondes de passage du courant; 3° que les animaux qu'on soumet à l'influence de l'opium, du chlorhydrate de strychnine, etc., et qui sont pris de contractions tétaniques au plus léger attouchement (par suite d'une surexcitation momentanée de *la faculté réflexe* (1) de la moelle), conservent d'abord l'excitabilité de leurs nerfs; mais que peu à peu celle-ci diminue, puis devient nulle ou presque nulle dans la dernière période de

(1) J'ai constaté que l'éther agit d'une manière précisément inverse, et qu'il suspend, avec une grande rapidité, *cette faculté réflexe de la moelle*, en vertu de laquelle un animal, quoique décapité et dépourvu de son encéphale, peut encore accomplir certains mouvements quand on applique un excitant quelconque à ses téguments cutanés ou muqueux. Ces sortes de mouvements ont, en effet, complétement disparu. Le clignement lui-même, qui succède à la stimulation directe de la muqueuse oculaire et qui persiste si bien chez les animaux près de mourir, voire même quelques instants après la section du bulbe, n'a plus lieu chez ceux qu'on a rendus insensibles par l'inhalation de l'éther; les irritants les plus énergiques, appliqués à la muqueuse pharyngienne, ne provoquent plus les mouvements de déglutition, ni l'occlusion concomitante de la glotte, etc.: il y a donc bien aussi suspension du *pouvoir réflexe* de la moelle allongée protubérance annulaire et bulbe rachidien.

l'empoisonnement narcotique, c'est-à-dire même dans les derniers instants qui précèdent la mort.

En terminant l'étude de l'influence des agents électrique, mécaniques et chimiques sur le système nerveux, je crois devoir rappeler les particularités qui caractérisent le mode d'action du courant électrique et le différencient de celui des autres stimulants.

Le courant électrique est, entre tous les modificateurs du système nerveux, celui qui réveille son excitabilité avec le plus d'énergie et le plus longtemps, puisqu'il est le seul qui puisse encore la rendre manifeste, quand déjà tous les autres stimulants connus sont sans la moindre action sur elle.

Appliqué à un nerf mixte, seul il peut exciter séparément tantôt une sensation, tantôt une contraction, suivant la direction dans laquelle il le parcourt.

Seul aussi, quand il est transmis normalement à la longueur d'un nerf de mouvement, le courant électrique ne provoque aucune réaction motrice.

Il possède la faculté toute spéciale de rétablir promptement l'excitabilité des nerfs moteurs, lorsqu'il est transmis dans un sens contraire à celui d'un autre courant qui avait d'abord affaibli ou détruit cette excitabilité.

Enfin, et ce caractère est des plus curieux, quand le courant électrique vient à passer d'une manière continue dans un nerf mixte, il ne détermine plus, au bout de quelques secondes, ni sensations ni contractions; et pourtant, celles-ci peuvent encore se manifester à l'instant même où le circuit est interrompu.

A part les différences qui viennent d'être signalées, il est permis, jusqu'à un certain point, d'assimiler l'action du courant électrique, sur le système nerveux, à celle des autres stimulants.

IV. DU SYSTÈME NERVEUX CONSIDÉRÉ DANS SES RAPPORTS AVEC LES FONCTIONS NUTRITIVES.

Après avoir envisagé le système nerveux comme siége des facultés sensoriales et intellectuelles, du principe incitateur des mouvements volontaires; après avoir étudié le mode d'action de l'appareil nerveux moteur et de l'appareil nerveux sensitif, l'influence des agents électrique, mécaniques et chimiques sur ces deux appareils, nous allons considérer le système nerveux dans ses rapports généraux avec les diverses fonctions nutritives.

I. Enlevez successivement à un jeune chien, par exemple, les lobes cérébraux, les corps striés, les couches optiques, les tubercules quadrijumeaux, le cervelet et la protubérance annulaire; videz, en un mot, à peu près complétement la cavité crânienne, et vous verrez (le bulbe rachidien et la moelle demeurant intacts) les mouvements de la *respiration* continuer avec une grande régularité. Mais, lorsqu'à l'aide de deux sections transversales du bulbe, vous aurez intercepté un segment ou une rondelle renfermant l'origine de la huitième paire avec quelques filets radiculaires du nerf spinal, les mouvements respiratoires s'arrêteront d'une manière brusque et l'animal périra asphyxié.

Il existe donc, dans les centres nerveux, une partie qui tient sous sa dépendance immédiate le mécanisme respiratoire, et dont la destruction enraie aussitôt le jeu de ce mécanisme.

Ce fait, aussi curieux qu'important, était déjà connu de Galien lui-même : « *Atqui perspicuum est*, dit-il (1), *quod, si post secundam aut primam vertebram, aut in ipso spinalis medullæ principio sectionem ducas, repentè animal corrumpitur* (διαφθείρεται παραχρῆμα τὸ ζῶον). Lorry (2), ignorant sans doute l'expérience de Galien, annonce, avec étonnement, le même résultat.

Mais ni Galien, ni Lorry n'avaient rigoureusement délimité cette portion de l'axe cérébro-spinal dont la lésion tue les animaux à l'instant même. Legallois et surtout Flourens ont mis plus de précision dans leurs recherches.

Selon Legallois (3), le premier mobile, le principe de tous les mouvements inspiratoires a son siége vers cet endroit de la moelle allongée (bulbe rachidien) qui donne naissance aux nerfs de la huitième paire. Flourens (4) a démontré que l'organe *premier moteur* du mécanisme respiratoire se trouve à l'origine même de cette paire nerveuse, qu'il commence avec elle et s'étend un peu au-dessous.

Mes propres expériences m'ont conduit à reconnaître que l'organe premier moteur du mécanisme respiratoire n'a pas son siége *dans toute l'épaisseur* de la rondelle ou du segment de bulbe, commençant avec l'origine même de la huitième paire, et finissant un peu au-dessous d'elle. En effet, j'ai pu diviser, détruire, à ce niveau, les pyramides et les corps restiformes, et voir la respiration persister : au contraire, la *destruction isolée du faisceau intermédiaire du bulbe*, au même niveau, a *produit la suspension instantanée de la respiration*. A cette occasion, je ferai remarquer que les corps restiformes et pyramidaux sont exclusivement formés de fibres blanches, remplissant le simple rôle de conducteur des impressions et des ordres de la volonté, tandis que le faisceau intermédiaire (j'appelle ainsi celui qui est situé entre les corps pyramidal et restiforme) est seul pénétré d'une quantité considérable de substance grise, riche en vaisseaux artériels, et apte à représenter au centre du bulbe rachidien un foyer spécial d'innervation. C'est donc l'intégrité fonctionnelle de ce foyer spécial qui est seule nécessaire, chez les animaux, à l'entretien de leurs mouvements respiratoires; tandis que les facultés motrice et sensitive des parties qui l'avoisinent (*pyramides et corps restiformes*) peuvent être suspendues sans danger immédiat pour la vie, comme je l'ai constaté sur les animaux soumis à l'inhalation de l'éther. Est-il besoin d'ajouter que tous les jours, chez les agonisants et les apoplectiques, on a lieu d'observer que, ne fonctionnant déjà plus comme organe de transmission, ni des impressions sensitives, ni de l'action cérébrale sur les muscles volontaires, cependant le bulbe continue d'agir comme premier moteur du mécanisme respiratoire?

Chez les mammifères, je suis quelquefois parvenu à diviser, exactement sur la ligne médiane, le bulbe rachidien dans toute sa hauteur, et néanmoins la respiration a continué de s'accomplir avec une certaine régularité.

Le foyer encéphalique des mouvements respiratoires étant déterminé, on a dû se préoccuper de l'idée de découvrir, dans la moelle, les voies de transmission du principe de ces mouvements aux muscles respirateurs.

Ayant reconnu que la colonne antérieure de la moelle est affectée à la transmission du principe des mouvements volontaires, et à l'origine des nerfs en rapport avec ces sortes de mouvements; que la colonne postérieure est en relation

(1) *De anat. administr.*, lib. VIII, cap. IX, p. 696 et 697; édit. de Kühn. Leipsick, 1821.
(2) Acad. des sc. *Mém. des savants étrangers*, t. III, p. 366 et 367.
(3) *OEuv. compl.*, t. I, p. 247 et 259 (Rapport de Percy) avec des notes de Pariset. Paris, 1830.
(4) *Ouv. cit.*, p. 203.

avec les nerfs sensitifs et les phénomènes de sensibilité, Ch. Bell (1) a supposé que la colonne latérale était destinée à conduire le principe des actes mécaniques de la respiration, et à donner implantation à tous les nerfs qu'il nomme *respiratoires :* toutefois, il admet que ces nerfs peuvent aussi contenir des filets de sensibilité et de mouvement volontaire, venus des faisceaux médullaires postérieur et antérieur.

A l'appui de son hypothèse ingénieuse sur les fonctions des cordons médullaires latéraux, Ch. Bell n'a pas apporté de preuves expérimentales ou pathologiques, et je ne sache point que de semblables preuves aient été fournies par d'autres physiologistes.

Dans les expériences nombreuses que j'ai exécutées sur les diverses colonnes de la moelle épinière, je n'ai pu couper isolément ses colonnes latérales, ni par conséquent obtenir des résultats directement confirmatifs de l'idée du physiologiste anglais : mais, ayant réussi à diviser, dans la région cervicale, les cordons médullaires antérieurs et postérieurs, je n'ai point vu les mouvements respiratoires devenir plus difficiles qu'avant cette section. De plus, je rappellerai qu'en galvanisant le cordon latéral de la moelle, je n'ai donné lieu qu'à des mouvements très légers dans le membre abdominal correspondant, tandis qu'ils y étaient fort énergiques si le courant traversait le cordon antérieur : encore les contractions légères observées dans le premier cas, contractions qui d'ailleurs étaient loin d'être constantes, pourraient-elles bien n'avoir dépendu que d'une dérivation du courant sur le cordon antérieur lui-même.

Si, d'après ces résultats, il semble permis de supposer que les colonnes latérale et antérieure de la moelle ont des fonctions différentes, s'il est démontré que les mouvements respiratoires peuvent persister après la section des colonnes antérieures et postérieures, on ne doit pas néanmoins affirmer que la colonne latérale influence les actes mécaniques de la respiration, à l'exclusion de l'antérieure. En effet, il importe de ne pas oublier que ces actes sont en partie sous la dépendance de la volonté : il serait donc possible que les colonnes antérieures intervinssent seulement dans les cas, par exemple, où volontairement l'individu cesse momentanément de respirer, modifie le rhythme de sa respiration, en rendant celle-ci plus fréquente ou plus rare, plus courte ou plus longue ; et que la section de la portion antérieure de la moelle abolît seulement l'empire de la volonté, c'est-à-dire l'influence des lobes cérébraux sur les mouvements respiratoires.

Quant aux cordons nerveux, qui sont chargés de transmettre aux muscles respirateurs le principe de leur contraction, ils forment une classe spéciale de nerfs, composée : du *spinal*, dont une branche importante s'unit au nerf vague ; du facial, du phrénique, du respiratoire externe du tronc (Ch. Bell), des douze nerfs intercostaux et de la première branche antérieure lombaire qui, par une division de son rameau iléo-scrotal, complète la distribution des nerfs intercostaux dans les muscles de la paroi antérieure de l'abdomen. Plus tard, devant revenir avec détails sur l'ensemble de ces nerfs respiratoires, nous croyons pouvoir nous borner ici à cette simple énumération.

Si la partie de l'axe cérébro-spinal de laquelle dérivent les mouvements respiratoires est aujourd'hui connue et admise par tous les physiologistes, il s'en faut bien

(1) *Exposition du système naturel des nerfs du corps humain*; trad. de Genest. Paris, 1825.

qu'il en soit de même des parties centrales du système nerveux qui gouvernent d'autres mouvements de conservation, tels que ceux du cœur, du tube digestif, etc.

II. Willis (1), qui fait dériver du cervelet tous les mouvements involontaires, pense que le nerf vague est l'intermédiaire principal à l'aide duquel *le cœur* tire de cette portion de l'encéphale le principe de ses mouvements. Haller (2) avec son école, proclamant la doctrine de l'*irritabilité* et déclarant le cœur éminemment irritable, regarde le sang comme son excitant naturel, et le système nerveux comme tout à fait étranger à ses contractions. Prochaska (3), frappé de l'insuffisance de la théorie hallérienne, et d'ailleurs admettant la puissance nerveuse comme une des conditions d'où dépend l'irritabilité, fait émaner des ganglions du grand sympathique la force nerveuse qui entretient les contractions cardiaques. Enfin, Legallois (4) affirme que le cœur soutire le principe de ses battements de *tous les points* de la moelle épinière par l'entremise du grand sympathique, qui en provient.

Sur des mammifères, j'ai à la fois enlevé le cervelet et réséqué les deux nerfs vagues : les contractions du cœur ont persisté jusqu'à la mort, arrivée seulement du second au troisième jour. Assurément, si l'opinion de Willis eût été fondée, la mort serait survenue dans un laps de temps infiniment plus court.

Haller et ses partisans, en preuve de l'indépendance dans laquelle le cœur serait du système nerveux, alléguaient : 1° que la stimulation des nerfs cardiaques ne cause aucun changement dans les contractions de cet organe, et ne les rappelle pas quand elles ont cessé ; 2° que l'irritation des moelles allongée et épinière ne produit aucun effet sur le cœur ; 3° que si l'on interrompt toute communication entre lui et le cerveau, *source unique de la puissance nerveuse*, les mouvements cardiaques continuent comme auparavant, ce qui a lieu, par exemple, pour un cœur qu'on vient d'arracher de la poitrine d'un animal vivant.

Mais aucun de ces arguments n'est inattaquable. En effet, nous avons déjà démontré (page 75) que la stimulation électrique des nerfs du cœur pouvait changer ses pulsations, ou même les éveiller de nouveau quand elles venaient de s'éteindre. Les expériences de Wedemeyer (5) et surtout celles de Wilson Philip (6) nous apprennent que l'humectation de la moelle épinière avec de l'alcool accroît les battements cardiaques, mais que la dissolution d'opium ou d'infusion de tabac, après les avoir accélérés, les ralentit bientôt ; qu'enfin, dans ces cas, la portion cervicale de la moelle est celle qui exerce le plus d'influence. Ces expériences, avec l'alcool, m'ont souvent réussi sur des animaux décapités. La persistance temporaire des contractions, dans un cœur séparé de l'axe cérébro-spinal, ne prouve pas davantage qu'elles aient lieu sans l'intervention du système nerveux ; car il est bien permis de croire qu'elles continuent seulement jusqu'à ce que les ganglions de Remak et les filets nerveux qui pénètrent la fibre contractile, aient dépensé, d'une manière périodique, et plus ou moins rapide selon l'espèce animale, toute la force nerveuse qu'ils tenaient en réserve.

(1) *Cerebr. anat. nervorumque descript. et usus*, p. 195. Amsterdam, 1683.

(2) *Dissert. sur l'irritabilité*, dans *Mém. sur la nature sensible et irritable des parties du corps humain*, t. I, p. 72. Lausanne, 1756.

(3) *Comment. de funct. syst. nerv.*, 1784 ; dans le 4e fascic. des adnot. acad. de cet auteur, et réimp. dans ses *Opera minora*. Vienne, 1800.

(4) *Œuv. compl.* avec des notes de Pariset, t. I, p. 144. Paris, 1830.

(5) *Untersuchungen über den Kreislauf*, p. 325.

(6) *An experim. inquiry into the laws of the vit. funct.*, etc., chap. II, p. 80 et chap. XI, p. 243.

Quant à l'opinion de Legallois qui fait résider dans la moelle épinière le principe des mouvements du cœur, et à celle de Prochaska qui fait émaner ce même principe des ganglions du grand sympathique, elles seront surtout discutées lorsque nous étudierons spécialement les fonctions du grand sympathique et celles de la moelle épinière : aussi n'en ferons-nous, en ce moment, qu'un exposé très succinct.

Selon Legallois (1), la destruction de l'une des trois portions de la moelle épinière (*cervicale*, *dorsale*, *lombaire*) est nécessairement mortelle en très peu d'instants (deux à quatre minutes) chez les lapins âgés de plus de vingt jours; mais la destruction de la portion lombaire de cet organe tue les animaux moins vite que celle de sa portion dorsale et surtout de sa portion cervicale, quoique l'insufflation pulmonaire soit pratiquée, dans ces trois cas, avec toutes les précautions convenables. La cause de la mort, ajoute Legallois, doit être rapportée à l'arrêt de la circulation.

A peine l'opinion précédente commençait-elle à s'établir, que plusieurs physiologistes, Clift (2), Treviranus (3), Wilson Philip (4), Flourens (5), etc., parvinrent, après avoir détruit la moelle épinière et même tout l'axe cérébro-spinal, à entretenir la circulation beaucoup plus longtemps que ne l'avait fait Legallois. Moi-même, dans les expériences auxquelles je me suis livré sur les faisceaux de la moelle, j'ai fréquemment, chez des chiens adultes, retranché complétement la portion lombaire et la moitié inférieure de la portion dorsale de cet organe, et je n'ai vu survenir la mort que plusieurs heures après cette grave mutilation. Les assertions de Legallois sont donc exagérées, puisque, dans aucun de ces cas, comme cela devait avoir lieu suivant lui, la mort n'est arrivée en quelques minutes.

Toutefois, il y aurait évidemment erreur à nier toute influence de la moelle sur les mouvements du cœur. Les expériences concordantes de Clift (6), de Wilson Philip (7), de Wedemeyer (8), etc., établissent que la destruction de la moelle épinière, quand elle a lieu d'une manière subite, entraîne une accélération instantanée des battements du cœur, promptement suivie d'une grande diminution dans leur énergie. Nasse (9) a également vu chez des chiens mis à mort, dont il entretenait la circulation par une respiration artificielle, qu'après la destruction de la moelle épinière, les battements du cœur devenaient plus lents et plus faibles, de sorte que le sang de l'artère crurale, qui auparavant s'élançait à quelques pieds, ne jaillissait plus qu'à plusieurs pouces, ou même ne formait plus de jet. Nous-même, ayant préalablement lié les artères carotides primitives, avons coupé la moelle au-dessous du bulbe rachidien; puis, le cœur étant mis rapidement à découvert pour constater, *de visu*, l'énergie de ses contractions, nous avons immédiatement détruit toute la moelle épinière : aussitôt après, les contractions sont devenues très précipitées pendant quelques secondes, puis elles ont été beaucoup plus faibles qu'avant la destruction de la moelle. Nous avons plusieurs fois répété l'expérience, en nous servant de deux chiens également déca-

(1) *Ouv. cit.*, t. I, p. 72 et suiv.
(2) MECKEL, *Deutsches Arch.*, t. II, p. 140; et dans *Philos. transact.*, 1815.
(3) *Biol.*, t. IV, p. 267, 648.
(4) *An experim. inquiry into the laws of the vital funct.*, etc., p. 69 et suiv. London, 1817.
(5) *Ouv. cit.*, 2ᵉ édit., p. 216 et suiv.
(6) *Ouv. cit.*
(7) *Ouv. cit.*
(8) *Untersuchungen über den Kreislauf*, p. 255.
(9) *Horn's Archiv.*, p. 189; 1817. — *Untersuchungen zur Lebensnaturlehre*, Halle, 1818.

pités, et chez lesquels une ouverture faite à la poitrine permettait d'observer directement le cœur : nous avons vu constamment, chez l'animal dont la moelle avait été détruite, les contractions cardiaques faiblir d'une manière très sensible, comparativement à celles de l'autre animal dont la moelle était demeurée intacte.

L'action de la moelle épinière sur les mouvements du cœur est encore prouvée par le trouble que cet organe présente quelquefois dans certains cas pathologiques où l'altération réside exclusivement dans le cordon rachidien (1).

Lorsqu'on détruit une portion quelconque de la moelle, indépendamment du trouble général qui a lieu dans toute la circulation, il survient encore un trouble local et plus marqué dans la circulation des organes qui reçoivent leurs nerfs de la portion de moelle détruite. Legallois, Flourens et Treviranus sont arrivés à ce même résultat. Ce dernier physiologiste (2), après avoir lésé la moelle épinière sur des grenouilles, a en effet observé que, dans les parties dont les nerfs avaient leurs extrémités centrales au-dessous de la lésion, les pulsations des artères diminuaient de force et de fréquence, et que la circulation finissait par s'y arrêter tout à fait. Une atteinte aussi grave portée à la circulation locale capillaire, après la lésion d'une partie de la moelle, est importante à noter, à cause des applications à la pathologie : elle peut servir à expliquer le refroidissement des parties paralysées, la suppression de la transpiration de la peau, le peu d'abondance de la sécrétion urinaire, etc., chez l'homme, dans certaines affections de la moelle épinière.

A l'appui de l'opinion de Prochaska qui fait dériver des ganglions cervicaux du grand sympathique la force nerveuse qui entretient les contractions du cœur, on a surtout invoqué les observations de fœtus amyélencéphales chez lesquels les mouvements cardiaques avaient existé jusqu'à la naissance. Mais à cela on peut répondre que le fœtus ne jouit pas d'une vie individuelle propre, qu'il n'est qu'une partie de l'organisme maternel, qu'il est dans des conditions circulatoires tout à fait spéciales et essentiellement différentes de celles où se trouve l'enfant après la naissance ; et que, par conséquent, de semblables observations ne sauraient aucunement démontrer que, chez l'homme ou l'animal *adulte*, l'influence de la moelle dût être nulle sur les mouvements du cœur. Les observations précédentes servent seulement à établir que, chez le fœtus, le grand sympathique peut suffire à l'entretien des contractions cardiaques en l'absence de la moelle (3) : on sait qu'au contraire, chez l'adulte, après la destruction de cet organe, elles ne persistent pas au delà d'un laps de temps assez court. D'ailleurs, j'ajouterai que, d'après la remarque de Breschet et de Lallemand (de Montpellier), les ganglions du grand sympathique offrent, chez les monstres dépourvus de moelle et d'encéphale, un volume plus considérable que chez les fœtus normaux ; ce qui peut, selon nous, augmenter l'énergie fonctionnelle de ces ganglions et les rendre capables de suppléer en partie l'influence vivifiante de l'axe cérébro-spinal. Il ne faut pas oublier, en effet, que les renflements ganglionnaires du grand sympathique sont très riches en substance grise et en vaisseaux, et qu'ils semblent être des centres d'innervation, aussi bien que la substance grise de la moelle dont les faisceaux blancs ou médullaires ne sont que de simples conducteurs de la force nerveuse.

(1) Voir le *Traité des maladies de la moelle épinière*, par Ollivier (d'Angers), t. I, p. 132 ; 3ᵉ édit.

(2) *Biologie*, t. IV, p. 267, 648.

(3) Car je ne puis admettre que les mouvements du cœur aient été entretenus par une force particulière indépendante de la puissance nerveuse.

On concevrait d'autant mieux que la seule intervention du grand sympathique fût d'abord suffisante, que, d'après Tiedemann, la substance grise de la moelle n'apparaît, chez le fœtus, que vers le sixième ou le septième mois. Mais, plus tard, la force nerveuse destinée à animer le cœur devant être augmentée, les sources d'où elle provient devaient se multiplier; aussi, selon nous, voit-on s'associer nécessairement dans leur action, et la substance grise ganglionnaire, et la substance grise de la moelle, quoique chacune d'elles fournisse isolément le principe nerveux. De la sorte, on s'explique, d'une part, l'entretien de la circulation chez les fœtus amyélencéphales, et, de l'autre, la persistance de la circulation, même chez l'adulte, plusieurs heures après la destruction de la moelle épinière.

Ajoutons que Remak (1) a découvert récemment, dans la substance même du cœur, de petits renflements ganglionnaires qui, peut-être, ne sont pas non plus étrangers à l'entretien des contractions plus ou moins durables de cet organe, après qu'on l'a séparé de l'axe cérébro-spinal et du cordon cervical du grand sympathique.

III. Quant au *canal intestinal* qui, comme le cœur, se meut sans la participation de la volonté, et qui, comme lui, se contracte longtemps encore après son isolement du centre nerveux cérébro-spinal, il existe bien des incertitudes sur le véritable siége du principe de ses mouvements.

Aussitôt qu'ont cessé les mouvements péristaltiques de l'intestin, provoqués d'abord par l'impression de l'air, vient-on à verser de la potasse caustique sur les ganglions solaires ou bien à faire passer un courant électrique dans les grands nerfs splanchniques, on voit, au bout de quelques secondes, les contractions de tout l'intestin grêle reprendre leur vivacité : J. Muller (2) a exécuté ces expériences avec succès sur des lapins, et je les ai reproduites, avec le même succès, chez des chiens. De plus, j'ai vu les mouvements intestinaux, déjà éteints, reparaître sous l'influence de la stimulation électrique de la moelle dorsale ou lombaire. Dans les maladies de cet organe, chez l'homme, on observe assez fréquemment une dilatation considérable de l'intestin, due à l'affaiblissement de sa tunique musculeuse et à la constipation opiniâtre qui en résulte.

Dans notre opinion, la substance grise des portions dorsale et lombaire de la moelle, les ganglions des plexus épigastrique, lombo-aortique et hypogastrique, quelques autres petits ganglions disséminés dans le mésentère, tels sont les foyers desquels procède la force excitatrice des contractions intestinales.

Cette manière de voir n'est pas partagée par tous les physiologistes : Bidder (3), par exemple, nie tout concours de la part de la moelle. Il dit qu'après l'avoir retranchée tout entière, chez des grenouilles, si ce n'est au niveau de la première vertèbre cervicale, il a vu les mouvements de l'intestin persister, et ces animaux survivre six et même dix semaines. Au contraire, les grenouilles mouraient au bout de neuf à quinze jours, si, le bulbe restant intact, l'encéphale était détruit; elles succombaient avant le sixième jour, après la destruction de la moelle et de l'encéphale sauf le bulbe. Or, selon Bidder, si les mouvements de l'intestin peuvent régulièrement persister en l'absence du centre nerveux cérébro-spinal,

(1) MÜLLER'S *Archiv.*, 1844.
(2) *Manuel de physiol.*, t. I, p. 629 ; trad. de Jourdan.
(3) MÜLLER'S *Archiv.*, 1844, p. 359 et suiv.

on ne peut plus chercher l'appareil producteur et régulateur de ces mouvements que dans les ganglions. Mais cet expérimentateur oublie sans doute que, dans toutes ces expériences, le bulbe est demeuré intact : sa conclusion n'est donc point rigoureuse. Du reste, je dois déclarer que, sur un nombre considérable de grenouilles très vives auxquelles j'ai fait subir les précédentes mutilations, je n'ai pu, quoiqu'elles eussent survécu un temps suffisant, acquérir la parfaite certitude de la persistance *normale* des mouvements intestinaux chez aucune d'elles.

Je n'ai été ni plus convaincu, ni plus heureux en répétant les expériences de Budge (1) et de Valentin (2), qui admettent, dans l'encéphale, l'existence de faisceaux fibreux exerçant une action directe sur certains viscères, et, en particulier, sur le canal intestinal : c'est ainsi que, d'après ces auteurs, la stimulation immédiate des corps striés, des couches optiques, du cervelet et de la base des pédoncules cérébraux, devrait provoquer des contractions dans ce canal. Mais les phénomènes que j'ai observés sous ce rapport ne m'ont point paru, à beaucoup près, être constants.

IV. Comme on le verra ailleurs, d'autres mouvements involontaires, moins importants que ceux du cœur, des intestins, et de l'appareil respiratoire, sont aussi regardés comme dépendants de certaines régions circonscrites de l'axe cérébro-spinal. Pour l'instant, nous ne ferons plus que mentionner le siége du principe moteur des *cœurs dits lymphatiques* (3).

D'après Volkmann (4), les contractions rhythmiques de ces petits sacs musculeux, chez les grenouilles, cessent après la destruction de la moelle épinière : de la portion de cet organe qui correspond à la troisième vertèbre, dépendent les mouvements des deux cœurs lymphatiques antérieurs ; et de celle qui est renfermée dans les septième et huitième vertèbres, dépendent les contractions des deux postérieurs. Valentin (5), qui d'abord avait nié ces résultats, les admit plus tard (6). Toutefois, si, comme Valentin, j'ai vu les cœurs lymphatiques cesser assez promptement de se mouvoir, je les ai vus aussi, en l'absence des portions de moelle indiquées, se contracter pendant plusieurs heures chez des grenouilles très irritables : il est vrai pourtant que les contractions de ces organes n'avaient conservé ni toute leur énergie, ni toute leur régularité.

V. D'après les graves atteintes que subissent la circulation et les phénomènes mécaniques de la respiration, quand le système nerveux vient à être lésé dans certains points de son étendue, on doit prévoir que les fonctions, qui se lient à l'entretien et à l'activité du cours du sang et à l'exercice normal des forces respiratrices, puissent elles-mêmes être modifiées d'une manière fâcheuse par de semblables lésions : tels sont les *actes nutritifs et sécrétoires*, le *dégagement de la chaleur animale*, etc.

(1) *Untersuchungen über das Nervensystem*, 1841.
(2) *Repertorium*, t. VI, p. 359.
(3) J. MULLER, dans *Poggendorff's Annalen*, 1832. — *Philos. transact.*, p. 1 ; 1833. — *Abhandlungen der Acad. zu* Berlin, 1839. — PANIZZA, *Sopra il sistema linfatico dei Rettili, ricerche zootomiche*, etc. Pavie, 1833.
(4) *Archiv.* de J. Muller, p. 419 ; 1844.
(5) *Lehrbuch der Physiologie des Menschen*, t. II, p. 769.
(6) *Ibid.*, p. 901. Suppl. 8 janvier 1845.

La question de savoir quelle part revient au système nerveux dans l'accomplissement du phénomène de l'*hématose*, est un des problèmes les plus difficiles de la physiologie.

Le pneumo-gastrique semble n'exercer qu'une action indirecte sur l'hématose. Si, après la section de ce nerf, cet acte essentiel se trouble de plus en plus, au point même de cesser entièrement, il faut en chercher la cause dans les altérations graves et croissantes qui se développent dans le tissu pulmonaire, et non dans la suppression d'une influence nerveuse immédiate. Le défaut d'un entier renouvellement d'air respirable, par suite de la paralysie de la couche musculeuse des bronches, doit aussi, selon nous, être pris en sérieuse considération.

Quand on a eu la précaution de ménager le libre accès de l'air dans le tissu des poumons, il est incontestable qu'après la section des pneumo-gastriques, le sang veineux continue, pendant un certain temps, à acquérir la coloration artérielle. Suivant de Blainville (1), l'air est aussi d'abord vicié, comme avant l'opération ; et selon Provençal lui-même, dont le mémoire (2) tend néanmoins à établir une influence directe de ces nerfs sur les phénomènes chimiques de la respiration, l'oxygène est encore absorbé, l'acide carbonique exhalé, seulement en quantité moindre. Encore cette dernière différence doit-elle tenir au ralentissement des mouvements respiratoires.

Assurément il résulte des expériences de Spallanzani (3), de Mayer (4), de Christison (5), etc., que, dans la conversion du sang veineux, il y a quelque chose de physique (absorption d'oxygène), et de chimique (coloration rouge), qui peut se passer du concours de l'innervation. Mais puisque, d'une part, la chimie laisse encore beaucoup à désirer sur les caractères différentiels des deux sangs ; que, d'autre part, après décapitation, malgré l'absorption d'oxygène et la coloration rouge obtenues par insufflation pulmonaire, on voit bientôt survenir le refroidissement et la mort ; quel physiologiste serait assez osé pour affirmer que l'hématose est restreinte à cette coloration, à cette absorption, et qu'aussi la sanguification artérielle s'effectue, *d'une manière complète*, en l'absence du système nerveux? En admettant que ce dernier résultat soit possible sans les nerfs vagues, qu'on veuille bien ne pas perdre de vue l'existence du nerf grand sympathique. Confessons néanmoins que l'on ne sait rien sur son influence. L'impossibilité de couper toutes les branches qu'il donne aux plexus pulmonaires a été jusqu'à présent un obstacle insurmontable à ce qu'on puisse découvrir, par des expériences, les usages du grand sympathique dans les phénomènes chimiques de la respiration. Quant à sa section, au col, on conçoit combien elle est insignifiante à cause des anastomoses inférieures de ce nerf, qui pourrait bien avoir ici des fonctions aussi importantes que mystérieuses.

Quoi qu'il en soit, l'opinion dans laquelle on regarde la vitalité du poumon comme ne prenant aucune part directe à la sanguification artérielle, nous paraît, dans l'état présent de la science, une opinion prématurée et appuyée sur des preuves insuffisantes.

(1) *Essai sur la respiration.* Dissert. inaug. Paris, 1808, n° 114.
(2) *Journ. génér. de méd.*, t. XXXVII.
(3) *Mémoire sur la respiration.* Genève, 1803.
(4) *Arch. génér. de médec.*, t. I, 1829.
(5) *Ibid.*, t. III, 1831.

Krimer (1) prétend avoir observé qu'après la section des nerfs brachiaux et cruraux, sur des lapins ou des chiens, le sang veineux du membre blessé devient vermeil au bout de quatre à dix minutes; qu'il redevient noir quand on fait communiquer le pôle positif d'une pile avec le cerveau et le pôle négatif avec les nerfs coupés; qu'il reprend, enfin, une teinte vermeille après qu'on a interrompu le passage du courant électrique.

Les expériences d'Arnemann (2) n'ont pas confirmé ces résultats.

Sur des chiens, sans léser les vaisseaux principaux, j'ai divisé tout le plexus nerveux qui se distribue au membre thoracique, et, même trois jours après l'opération, le sang des artères et celui des veines offraient encore leur coloration respective. Il semble donc que la désoxygénation du sang puisse s'accomplir, au moins pendant un certain laps de temps, dans des tissus qui ne sont plus soumis à l'influence nerveuse.

Toutefois, dans nos expériences, la nutrition du membre était évidemment altérée, comme l'a démontré le développement d'un œdème considérable qu'il ne m'a pas semblé permis de rapporter seulement à une lésion concomitante des ganglions et des vaisseaux lymphatiques : car l'œdème peut s'observer également dans les membres abdominaux, à la suite de paraplégies anciennes dues à une altération profonde de la moelle épinière.

Du reste, beaucoup d'observations et d'expériences démontrent que la circulation languit et même peut s'arrêter dans les parties qui ne reçoivent plus l'influence de leurs nerfs. Quel observateur n'a eu l'occasion de constater dans des membres paralysés, outre l'amaigrissement, la faiblesse du pouls avec un notable abaissement de la température? Abercrombie (3) cite des cas de paralysie subite d'un membre, dans lesquels celui-ci était froid et sans pouls, tandis que le pouls était fort et accéléré dans les autres parties du corps. Storer a observé une paralysie rhumatismale d'un bras, par l'effet de laquelle le pouls cessa d'abord au poignet, puis à l'aisselle, celui de l'autre bras étant demeuré normal. Otto (4) a signalé un rétrécissement notable du calibre des artères dans des membres depuis longtemps affectés de paralysie, et Schrœder van der Kolk (5) a constaté que, dans pareils cas, l'ossification de ces canaux avait souvent lieu. Baumgaertner (6) ayant réséqué le nerf sciatique d'une grenouille, et l'ayant galvanisé jusqu'à ce que l'irritabilité des muscles de la patte fût éteinte, a vu la circulation s'arrêter dans la membrane interdigitale : dans des expériences analogues, Treviranus (7) a observé que parfois elle cessait plus tôt dans les gros vaisseaux que dans les capillaires. Krimer (8) prétend que, d'abord accélérée, la circulation se ralentit bientôt, et qu'alors l'application du sel marin sur la membrane interdigitale ne produit plus la rougeur et l'ampliation des vaisseaux capillaires, comme cela s'observe d'ordinaire sur une patte intacte. Le même auteur rapporte (9) que chez un chien, après la section du nerf crural, le sang ne jaillit de l'artère crurale qu'à la hau-

(1) *Physiologische Untersuchungen*, p. 138, 152.
(2) *Versuche über die Regeneration an lebenden Thieren*, p. 48.
(3) *Maladies de l'encéphale et de la moelle épinière*; trad. de Gendrin. Paris, 1835.
(4) *Lehrbuch der pathologischen Anatomie*, t. I, p. 315.
(5) *Observat. anat. pathol. et pract. argum.* Amsterdam, 1826.
(6) *Physiol. de Burdach*; trad. de Jourdan, t. VII, p. 19.
(7) *Biologie*, t. IV, p. 646.
(8) *Versuch einer Physiologie des Blutes*, p. 163.
(9) *Ouv. cit.*, p. 136.

teur de six pouces, tandis qu'auparavant il formait un jet de six pieds. Chez le cheval, après la section des nerfs de la verge, Günther (1) dit que cet organe se gonfla, sortit du fourreau et s'ulcéra : Wedemeyer (2) avait déjà rapporté la même observation, et Bichat (3) avait aussi remarqué l'inflammation et la suppuration des testicules après la section des nerfs spermatiques.

Plusieurs mois après la résection du nerf sciatique chez des chiens, j'ai vu la patte se couvrir de plaques gangréneuses, perdre ses poils, ses griffes, et les muscles éprouver un commencement de dégénérescence graisseuse.

Dans des cuisses de grenouilles séparées du corps, Koch (4) n'a pu voir la circulation continuer au-delà de trois minutes; tandis qu'elle persistait pendant un quart d'heure ou une demi-heure, surtout dans les capillaires, quand il avait divisé seulement les vaisseaux et les muscles, en ménageant les nerfs. Baumgaertner (5) affirme que la circulation ne se rétablit point à l'aide des anastomoses, lorsqu'en liant l'artère principale d'un membre, on a en même temps détruit ses cordons nerveux.

On sait combien l'intervention du nerf trijumeau est nécessaire pour entretenir les organes des sens, et spécialement l'organe de la vue, dans leur intégrité matérielle et physiologique. Herbert-Mayo (6) fut le premier à fixer l'attention sur ce fait important, en citant un cas de lésion de la cinquième paire chez un homme qui avait perdu, indépendamment de la sensibilité générale dans le côté gauche de la face, l'usage des sens du même côté; son œil était enflammé et la cornée ulcérée à sa surface; le côté gauche de la face était œdémateux. Des observations analogues, avec des altérations plus profondes encore du globe oculaire, ont été publiées par Serres (7), Abercrombie (8), Stanley (9), Montault (10), etc.

La section intra-crânienne du trijumeau, au niveau du ganglion semi-lunaire, pratiquée, sur des animaux, par Magendie (11) et par moi (12), a donné lieu aux mêmes lésions de nutrition signalées d'abord par Herbert-Mayo.

Quelques symptômes de la névralgie faciale, qui siège évidemment dans le nerf trijumeau (13), attestent l'influence de cette paire nerveuse sur les sécrétions et la nutrition : ainsi, le tic douloureux siège-t-il dans la branche ophthalmique, il y a, indépendamment de la douleur qui s'irradie dans les branches frontales, une sécrétion abondante de larmes, une injection vive et passagère de la conjonctive; est-ce le rameau nasal qui est affecté, il survient un vif picotement à la pituitaire, qui d'abord se dessèche, puis, vers la fin de l'accès, donne écoulement à une grande quantité de matières muqueuses. Une salivation abondante accompagne

(1) *Erfahrungen im Gebiete der Anatomie, Physiologie und Thierarzneywissenschaft cah.* I. Hanovre. 1837. p. 214.
(2) MECKEL, *Arch. für Anatom.*, 1828, p. 364.
(3) *Recherch. physiol. sur la vie et la mort*, 5e édit., p. 506. Paris, 1829.
(4) MECKEL, *Arch. für anat.*, p. 443; 1827.
(5) *Beobachtungen über die Nerven und das Blut*, p. 155.
(6) *Anat. and physiol. comment.* London, 1823. Ext. dans *Journ. de physiol. expérim.* t. III, p. 356; 1823.
(7) *Anat. comp. du cerveau*, etc., t. II, p. 67, 1827; et dans *Journ. de physiol. expérim.*, t. V, p. 233; 1825.
(8) *Maladies de l'encéphale et de la moelle épinière*, trad. de Gendrin, 2e édit., p. 617; 1835.
(9) *Ouv. cit.* d'Abercrombie, p. 619.
(10) *Journ. de physiol. expérim.*, t. IX, p. 113; 1829.
(11) *Journ. de physiol. expérim.*, t. IV, p. 176; 1824.
(12) *Anat. et physiol. du syst. nerv.*, t. II, p. 158, 161.
(13) L'existence de névralgies propres au nerf facial est bien loin d'être démontrée.

les névralgies maxillaires. Mais ce n'est pas tout encore : dans les névralgies de la cinquième paire, on voit la peau de la face rougir, et les artères plus rénitentes semblent battre plus fortement. Quand les accès avaient duré pendant longtemps, on a vu le côté correspondant de la face s'hypertrophier, et, dans plusieurs observations de névralgie sus-orbitaire, il est dit que les cheveux du côté malade étaient devenus plus épais et que leur croissance s'était faite plus rapidement : d'autres fois les cheveux tombèrent, ou le côté affecté s'atrophia. Dès lors qui pourrait méconnaître l'influence de la cinquième paire sur les actes nutritifs et sécrétoires?

Toutefois, il importe de rappeler que, dans un très grand nombre d'observations de lésion de ce nerf, on n'a constaté que la perte ou la perversion de la sensibilité, sans aucun trouble de nutrition ou de sécrétion. Nous utiliserons bientôt cette donnée si intéressante au point de vue physiologique.

L'influence de la portion cervicale du grand sympathique sur la nutrition du globe oculaire n'est pas moins remarquable que celle du trijumeau. Après l'ablation des ganglions cervicaux supérieurs, sur des chiens, Pourfour du Petit (1) a vu l'œil correspondant devenir chassieux, diminuer de volume, s'atrophier, et se ternir au point que l'animal ne pouvait presque plus voir. Molinelli (2) dit avoir observé, à la suite de cette opération, un changement de couleur dans l'iris; fait que je n'ai pas vu se reproduire chez un chien que j'ai conservé pendant trois mois et demi après l'expérience (3). Ayant supprimé la portion cervicale du grand sympathique, sur des chiens, Arnemann (4) remarqua d'abord une sécrétion plus abondante de larmes, puis l'opacité de la cornée, avec inflammation de la conjonctive et augmentation de la sécrétion muqueuse. Dans un cas (5), il survint même à la cornée un abcès dont l'ouverture détermina la procidence de l'iris et la chute du cristallin dans la chambre antérieure. Dupuy (6), après l'ablation des ganglions gutturaux, sur le cheval, mentionna, entre autres phénomènes, une injection très prononcée de la conjonctive.

Dans l'opinion d'un certain nombre de physiologistes, opinion que mes propres expériences m'empêchent d'admettre d'une manière absolue, la section des nerfs pneumo-gastriques empêche complétement la production du suc gastrique, et, par conséquent, le travail de la *digestion*.

On connaît les altérations profondes des poumons, chez les animaux dont les pneumo-gastriques ont été coupés, altérations telles que les conditions physiques essentielles à l'accomplissement de l'hématose y disparaissent progressivement.

J. Muller et Peipers (7) ont constaté que la sécrétion urinaire se supprimait, et que le tissu même des reins ne manquait jamais de se ramollir, après la mortification des nerfs rénaux.

S'il était possible de supprimer entièrement l'influence de tous les nerfs qui se rendent aux glandes salivaires et lacrymales, il est donc probable que les fluides particuliers qu'elles sont appelées à produire ne seraient plus sécrétés. A en juger par la salivation qui accompagne les névralgies maxillaires, par la sécrétion abon-

(1) *Hist. de l'Acad. des sciences*, 1727. — Lettres concernant des réflexions sur les découvertes faites sur les yeux. Paris, 1732.

(2) *Comment. inst. Bonon.*, t. III; 1755. — *De ligatis sectisque nervis octavi paris.*

(3) *Anat. et physiol. du syst. nerv.*, t. II, p. 628.

(4) *Versuche über die Regeneration an lebenden Thieren*, p. 67, 85, 87, 89, 97.

(5) *Ouv. cit.*, p. 70.

(6) *Journal de méd.*, de Corvisart, t. XXXVII, p. 340; 1816.

(7) PEIPERS. *De nervorum in secretiones actione*. Berlin, 1834.

dante de larmes qui survient dans les névralgies de la branche ophthalmique, la cinquième paire doit influencer la sécrétion des glandes indiquées : il est probable qu'elle agit également sur les glandes des joues, des lèvres, du voile du palais, etc., et que le glosso-pharyngien a aussi quelque action sur la sécrétion des tonsilles, sur celles de ces nombreux follicules qui font partie de la membrane tégumentaire de la base de la langue, etc. Mais des expériences m'ont démontré que la cinquième paire ne préside pas seule à la sécrétion de la salive et des larmes. Sur plusieurs chiens, auxquels j'avais *réséqué* les deux nerfs linguaux au-dessus et en arrière des glandes sous-maxillaires, j'ai vu, après la guérison (1), la salive s'écouler encore assez abondamment, *au-dessous de la langue*, dans l'intérieur de la bouche. Quant à la sécrétion des larmes, quoique sensiblement diminuée, elle ne m'a pas paru être complétement supprimée, après la section intra-crânienne de la cinquième paire, chez les lapins. Puisque de nombreux filets du ganglion cervical supérieur, enlaçant certaines divisions de l'artère carotide externe (artères faciale, linguale, temporale, maxillaire interne, etc.), pénètrent dans l'épaisseur de toutes les glandes salivaires; que beaucoup d'entre eux semblent même aboutir à la plupart des muqueuses céphaliques et à celle du pharynx si richement pourvue de glandules mucipares; puisqu'enfin des filets, appartenant au rameau carotidien du ganglion cervical supérieur, parviennent, en accompagnant les artères lacrymales, jusqu'aux glandes du même nom, comme l'ont démontré Chaussier et Ribes; une semblable répartition du ganglion cervical supérieur et les expériences précédentes autorisent donc à croire que cette portion du grand sympathique ne doit pas non plus être sans influence sur les sécrétions indiquées.

VI. Si, à cause des troubles divers auxquels il est sujet, le système nerveux peut activer, affaiblir ou même enrayer la nutrition et les sécrétions, il peut également imprimer de grandes variations *à la chaleur animale.*

Mais ce n'est pas une raison pour regarder, avec quelques physiologistes, ce système comme la source de la chaleur développée par les animaux; car on a vu, par les expériences rapportées plus haut, qu'un des premiers effets de la suppression de l'influence nerveuse, dans une partie du corps, était le ralentissement de la circulation chargée d'y apporter le liquide nourricier. Quant à la division des nerfs pneumo-gastriques, à la destruction de la moelle à diverses hauteurs (2), il est assurément bien permis de soutenir qu'elles n'abaissent la température qu'en compromettant directement la respiration, source *principale* de la chaleur animale. Si l'on a vu des animaux, auxquels on avait enlevé l'encéphale et *le bulbe*, se refroidir, malgré l'insufflation artificielle, plus rapidement que d'autres tués sans avoir subi cette mutilation préalable (3), cela ne prouve rien en faveur de l'influence du système nerveux, rien contre l'influence de la respiration sur la température : car, puisque Legallois lui-même (4) a reconnu que l'insufflation artificielle ne peut être assimilée, en tous points, à la respiration naturelle, et que, pratiquée sur un animal entier, et parfaitement sain d'ailleurs, elle finit

(1) L'examen des parties, après la mort, a d'ailleurs prouvé que les bouts des nerfs n'étaient point réunis.

(2) WEINHOLDT, *Journ. compl. des sc. méd.*, t. XXVI, p. 25. — WILSON PHILIP, *An experim. inquiry into the laws of the vit. funct.*, etc. London, 1818. — CHOSSAT, *Influence du syst. nerv. sur la chaleur animale. Diss. inaug.* Paris, 1820.

(3) BRODIE, *Philos. Transact.*, 1811, p. 4; 1812, p. 378.

(4) *Œuvr. compl.*, t. II, p. 22 et suiv.; édit. 1830, avec des notes de Pariset.

par le refroidir, il n'est donc pas surprenant que le même effet se produise chez un animal dépourvu d'encéphale et de centre nerveux respiratoire.

Enfin, si, après l'ablation des lobes cérébraux, sur des chiens, on a constaté un refroidissement notable (1), cela ne saurait signifier que l'influence du cerveau fût *immédiatement* nécessaire au dégagement de la chaleur animale : quel expérimentateur ignore, en effet, le peu de temps que les mammifères survivent à l'ablation de leurs hémisphères cérébraux ? Et, dès lors, quoi de plus rationnel que de conclure que ces animaux se sont refroidis parce qu'ils étaient mourants? C'est sur des oiseaux, qui résistent pendant plusieurs semaines à une pareille mutilation, qu'il fallait tenter l'expérience. Or, dans le petit nombre d'essais que j'ai pu faire sur des pigeons privés de leurs lobes cérébraux, je n'ai point trouvé, au douzième jour de l'opération, que leur température différât de celle d'autres pigeons intacts et de même âge.

On ne saurait nier assurément une diminution fréquente et notable de la température dans les membres atteints de paraplégie : c'est surtout dans la myélite chronique, avec perte du sentiment et du mouvement, que ce phénomène apparaît; et, s'il n'est pas toujours bien appréciable pour l'observateur, le malade s'en plaint presque constamment, et demande qu'on réchauffe ses membres refroidis. Toutefois, même dans les paralysies par lésions traumatiques des nerfs, on peut souvent, comme le démontrent les recherches d'Earle (2), constater, à l'aide du thermomètre, que la température d'un membre paralysé est inférieure à celle du membre sain : un marin, dont le plexus brachial avait été déchiré par des fragments de la clavicule, eut le membre correspondant paralysé du sentiment et du mouvement. La chaleur de la main saine était ordinairement de 92° F., et celle de la main paralysée de 70° : la différence de température était moins prononcée à mesure qu'on se rapprochait du tronc, et l'on pouvait faire varier la température de 70° à 77°, en dirigeant un courant électrique dans le membre (3). Une jeune fille, qui avait eu le nerf cubital coupé au-dessus du poignet, offrit, dans l'intervalle de l'auriculaire et de l'annulaire, une température plus basse que dans l'intervalle des autres doigts (4).

Après la section du plexus brachial, du sciatique et du crural, sur des chiens, j'ai pu souvent confirmer les observations précédentes.

Krimer (5) dit avoir constaté que l'irritation de la moelle allongée, par l'ammoniaque liquide, élève la température du corps entier, et que la stimulation d'un nerf, avec la pointe d'une épingle, augmente la chaleur de la partie à laquelle il se rend.

Mais, dans mon opinion, ces différents faits ne démontrent point l'influence *directe* du système nerveux sur le développement de la chaleur animale. Au contraire, ce système ne me paraît concourir à la calorification que médiatement, ou par suite de son action sur les fonctions respiratrices et circulatoires, qu'il accélère, retarde ou suspend suivant les troubles divers qu'il subit lui-même. Je ne fais que rappeler, en passant, les cas nombreux où l'amoindrissement de la circulation a été constaté dans les membres frappés depuis longtemps de paralysie. Si Krimer a

(1) Weinholdt, *Journ. compl. des sc. médic.*, t. XXVI, p. 25.
(2) *Cases and observations, illustrating the influence of the nervous system in regulating animal heat*, dans *Med. chir. Transact.*, t. VII, 2e édit., p. 173; 1819.
(3) *Loc. cit.*, p. 176.
(4) *Ibid.*, p. 180.
(5) *Journ. compl. des sc. méd.*, t. XXVI, p. 25.

réellement vu que l'irritation de la moelle allongée, par l'ammoniaque liquide, élevât la température de tout le corps, c'est que par ce moyen il avait dû activer le foyer d'où émane le principe des mouvements de la respiration ; et s'il a reconnu que la chaleur devînt plus élevée dans une partie dont il stimulait le nerf, ce phénomène pourrait s'expliquer par l'afflux plus considérable du sang dans la partie observée.

VII. Il nous reste maintenant à savoir si le système nerveux joue un rôle dans l'*absorption*.

Brodie (1), ayant divisé complétement le plexus nerveux du membre antérieur, chez un lapin, répandit du woorara dans une plaie faite à ce membre, et l'empoisonnement n'en eut pas moins lieu. Chez un autre lapin, il introduisit le même poison, dans une plaie pratiquée sur le membre postérieur fortement étreint par une ligature qui ne comprenait point les principaux nerfs, et l'effet fut nul tant que la ligature resta appliquée : aussitôt qu'elle fut enlevée, les accidents de l'intoxication se manifestèrent.

J'ai varié la première expérience de Brodie de la manière suivante : sur deux chiens, je divisai tout le plexus nerveux qui se distribue au membre thoracique, puis, chez l'un, je versai aussitôt une solution concentrée de chlorhydrate de strychnine dans une large incision faite au membre ; chez l'autre, j'attendis jusqu'au troisième jour pour pratiquer au même lieu une plaie, d'égale étendue, qui devait être mise en contact avec le poison. Dans le premier cas, les convulsions survinrent au bout de quelques minutes; dans le second, elles ne commencèrent à paraître qu'après trois quarts d'heure.

Après avoir injecté, à diverses reprises, une solution alcoolique concentrée de strychnine dans les voies respiratoires de chiens, auxquels j'avais coupé la paire vague, j'ai obtenu des résultats analogues aux précédents, c'est-à-dire que constamment l'intoxication a été plus rapide le premier jour de l'opération que le second, et surtout que le troisième jour; d'où il semble résulter qu'ici l'activité de l'absorption diminue en raison directe de l'engouement pulmonaire (2).

Si donc la suppression de l'influence nerveuse n'empêche pas immédiatement l'absorption, du moins elle la ralentit, mais seulement sans doute parce qu'elle entraîne un trouble circulatoire duquel résultent l'engorgement et la moindre perméabilité des tissus.

J'ai voulu également savoir si les poisons ingérés dans l'estomac, après la section de la huitième paire, donneraient lieu ou non à leurs effets ordinaires. Dupuy (3) et Brachet (4) sont pour la négative; J. Müller et Wernscheidt (5) se prononcent pour l'affirmative.

J'ai choisi deux chiens de même taille, qui avaient jeûné depuis environ trente-six heures, et, après avoir réséqué la paire vague de l'un, j'ai versé, à l'aide d'une sonde œsophagienne, dans l'estomac de chacun d'eux, une quantité égale d'un solutum assez concentré d'azotate de strychnine. Les accidents convulsifs ont apparu, chez le chien opéré, à peu près cinq minutes plus tard que chez celui

(1) *Philos. Transact.*, p. 194 et suiv., année 1811.
(2) Voir mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. II, p. 303.
(3) *Expér. sur la section, la ligat. des nerfs pneumo-gastriques.* Paris, 1816.
(4) *Rech. expér. sur les fonct. du syst. nerv. gang.*, 2e édit., p. 226.
(5) *Manuel de physiol.* de Müller, trad. de Jourdan, t. I, p. 547.

qui servait de terme de comparaison : du reste, dans les deux cas, les convulsions m'ont semblé avoir une égale intensité.

Une autre fois, en procédant de la même manière, j'ai administré une solution d'émétique : les nausées et les vomissements glaireux se sont encore manifestés, quelques minutes plus tard, chez le chien qui avait subi la résection des pneumo-gastriques ; chez ce dernier aussi, les nausées étaient un peu moins fréquentes.

Certes, je suis loin de vouloir tirer d'un si petit nombre d'expériences une conclusion qui pourrait être d'autant plus hasardée, que les différences mentionnées pourraient bien tenir à de simples dispositions individuelles, abstraction faite de toute opération préalable. En faisant observer que ces résultats ne sont guère favorables à l'opinion de Dupuy et Brachet, j'avouerai pourtant qu'ils auraient besoin d'être constatés de nouveau, soit pour l'infirmer d'une manière complète, soit pour combattre celle de Müller qui pense que la section des nerfs vagues n'apporte pas le plus petit changement à l'absorption stomacale.

Après avoir mis hors de doute l'intervention directe ou indirecte du système nerveux dans l'accomplissement de la plupart des phénomènes nutritifs et sécrétoires, il importe 1° de rechercher si cette intervention est confiée à des centres nerveux et à des nerfs spéciaux, distincts du centre cérébro-spinal et de ses nerfs propres ; 2° de caractériser le genre d'influence exercée, dans ces cas, par le système nerveux.

En général, les sécrétions et la nutrition sont réputées être soumises à l'influence vivifiante du grand sympathique. On allègue, en faveur de la participation de ce nerf aux actes de la nutrition, ses rameaux sans nombre qui accompagnent les artères ; on cite, comme une preuve de la part qu'il doit prendre aux sécrétions, les nombreux filets qu'il envoie dans les organes sécréteurs. En effet, toutes les glandes, tant celles qui ont des conduits excréteurs, comme les glandes salivaires, lacrymales, le foie, le pancréas, les reins, les testicules et les ovaires, que les corps réputés glanduleux qui sont dépourvus de ces conduits, comme la rate, le corps thyroïde et les capsules surrénales, reçoivent des rameaux du grand sympathique. Il en est de même de toutes les membranes muqueuses qui sont aussi le siége de sécrétions importantes.

Les sécrétions et la nutrition s'opèrent, il est vrai, dans des organes où ce nerf paraît n'envoyer aucun filet : tels sont (hormis les organes des sens spéciaux) la plupart de ceux de la vie animale. Mais, si l'on veut admettre l'influence des ganglions sympathiques sur ces actes envisagés dans les organes de la vie végétative, on ne peut s'empêcher de remarquer que des ganglions, analogues pour la structure à ceux du grand sympathique, se trouvent aussi en grand nombre sur le trajet de certains nerfs cérébro-rachidiens (1) ; et, dès lors, on est amené à supposer que ces derniers renflements ganglionnaires influencent les sécrétions et la nutrition des organes de la vie animale. Ajoutons que récemment on a démontré, dans les nerfs cérébro-rachidiens et dans le grand sympathique, l'existence de fibres nerveuses spéciales dites *organiques*, *grises*, *végétatives*, etc. ; que d'abord les ganglions sympathiques furent regardés comme les centres uniques d'où elles s'irradient pour aller s'ad-

(1) Ces ganglions remarquables existent sur le trajet des racines spinales postérieures, des nerfs trijumeau, glosso-pharyngien et pneumo-gastrique.

joindre aux nerfs cérébro-rachidiens, mais qu'aujourd'hui on s'accorde assez généralement à admettre la commune relation de ces fibres avec l'axe cérébro-spinal, avec les ganglions sympathiques et ceux qui existent sur le trajet de certains nerfs cérébro-spinaux. Or, l'existence de ce nouvel ordre de fibres nerveuses, les connexions qu'il présente, ne pourraient-elles pas servir à expliquer, d'une part, l'influence de l'axe cérébro-spinal sur les sécrétions et la nutrition, et de l'autre, par l'entremise des ganglions multiplicateurs de la force nerveuse, la persistance de ces actes organiques dans les parties accidentellement privées de la sensibilité et du mouvement? De la lésion ou de l'intégrité de ces fibres, à leur origine ou dans leur trajet ultérieur, ne pourrait-on pas faire dépendre certaines variations qu'on observe dans les phénomènes pathologiques? Par exemple, les altérations de nutrition de l'œil, très apparentes quand on a coupé, chez un animal vivant, le trijumeau dans la fosse temporale et au niveau du ganglion semi-lunaire, se manifestent à peine quand on a pratiqué la section de ce nerf, avant son passage sur le rocher et près de son origine : tantôt, chez l'homme, dans un grand nombre d'observations de lésions de la même paire nerveuse, la perte ou la perversion de la sensibilité est seule survenue, sans aucun trouble de nutrition ou de sécrétion; tantôt, au contraire, ce dernier trouble s'est montré de la manière la plus intense. Nous pensons que les effets observés, dans la première expérience, dépendent à la fois de la lésion du ganglion semi-lunaire et de celle du grand sympathique qui, dans le point indiqué, offre avec ce ganglion et avec la branche ophthalmique des connexions nombreuses. Cette opinion nous paraît d'autant plus probable, que (comme l'avaient déjà vu Petit (1) et Molinelli (2)), en coupant, sur des chiens, la portion cervicale du grand sympathique d'un côté, nous avons aussi observé des troubles nutritifs dans l'œil correspondant. Or, d'après les recherches de Chaussier et de Ribes (3), le rameau caroditien du ganglion cervical supérieur, après s'être anastomosé avec le ganglion semi-lunaire et la branche ophthalmique, envoie des filets nerveux qui, accompagnant les artères ciliaires et l'artère centrale de la rétine, pénètrent dans l'intérieur du globe oculaire; Langenbeck (4) a même suivi quelques uns de ces filets jusque sur les divisions artérielles les plus volumineuses de la rétine : on comprend donc, d'abord, que le grand sympathique puisse avoir de l'influence sur les actes nutritifs et sécrétoires de l'organe de la vue. Mais de plus, les observations microscopiques de Retzius (5) ont démontré, dans le trijumeau, l'existence de nombreuses fibres *grises* ou *organiques* qui proviennent surtout du ganglion semi-lunaire, et les observations pathologiques ont appris que de profondes altérations de nutrition se sont manifestées soit dans l'œil, soit dans les autres appareils de sens spéciaux, surtout quand le ganglion semi-lunaire était lui-même désorganisé : comme le grand sympathique, ce ganglion peut donc aussi n'être pas étranger aux phénomènes de nutrition et de sécrétion qui s'accomplissent dans le globe oculaire.

Il semble, par conséquent, qu'il faille à l'œil un système nerveux particulier qui préside à ses fonctions nutritives, qui s'exerce par l'impression moléculaire des matériaux de la nutrition, et détermine la réaction des vaisseaux capillaires sur ces matériaux pour les arrêter ou les faire circuler : ce système nerveux paraît composé de renflements ganglionnaires, et de fibres grises ou organiques bien

(1) *Hist. de l'Acad des sc.*, 1707.
(2) *Comment. instit. Bonon.*, t. III, 1755.
(3) *Mémoires de la Société médicale d'émulation*. t. VII.
(4) *De retina observationes anatomico-pathologicæ*. Gœttingue, 1836, in-4°, fig.
(5) *Isis*, p. 997; 1827.

distinctes des fibres blanches cérébro-spinales. Puisque, comme on l'a vu plus haut, l'observation des maladies tend à démontrer que ces deux ordres de fibres peuvent être affectés isolément ou simultanément, on conçoit qu'il y ait, tantôt seulement impossibilité à la transmission des impressions tactiles, et tantôt qu'il vienne s'adjoindre à cette lésion un dérangement nutritif capable d'annuler entièrement l'action de l'organe.

Les remarques précédentes, applicables à l'œil que j'ai choisi pour exemple, le sont également à d'autres organes de la vie animale. On trouve, en effet, même dans les nerfs des membres, des fibres grises ou végétatives, qui probablement puisent leur force spéciale à la fois dans la substance grise de la moelle, dans celle des ganglions sympathiques et intervertébraux : comme, d'ailleurs, avec le rôle que nous leur supposons, elles sont distinctes des fibres blanches cérébro-spinales qui président au sentiment et au mouvement, on s'expliquerait encore, par la lésion isolée ou simultanée de ces deux ordres de fibres, comment, dans certains cas, la nutrition des membres paralysés n'offre aucune modification ; comment, dans d'autres, on peut observer leur atrophie, l'ossification de leurs artères, la dégénérescence graisseuse de leurs muscles; pourquoi encore leur sécrétion cutanée est ou non supprimée.

Quoique l'hypothèse précédente sur le rôle des fibres nerveuses grises et des ganglions ne repose pas sur des preuves suffisantes, nous allons, pour un instant, admettre ce rôle comme démontré, et essayer de déterminer le genre probable d'influence exercée par cette portion importante du système nerveux sur la nutrition et les sécrétions.

C'est une opinion assez généralement admise aujourd'hui parmi les physiologistes, que les vaisseaux ne sont pas doués seulement d'élasticité, mais d'une contractilité vivante influencée par les faisceaux de fibres nerveuses qui les accompagnent (1). Quoique ces dernières laissent encore quelques doutes sur leur origine, il est néanmoins permis de les rapporter spécialement au système des fibres végétatives dont le rôle, dans les sécrétions, la nutrition et les opérations chimiques de la vie, se bornerait, d'après Volkmann, Valentin, Henle, etc., à déterminer la contraction ou le relâchement des vaisseaux sanguins. Suivant cette opinion, que nous n'adoptons qu'avec beaucoup de réserve, il n'y aurait donc pas, dans ces actes organiques, intervention immédiate du système nerveux, qui n'agirait que comme régulateur, et il faudrait admettre que la nutrition est le résultat d'une force inhérente à toutes les molécules animales vivantes, que l'action chimico-vitale de la substance glandulaire joue le rôle le plus important dans le travail de la sécrétion. Mais n'est-il pas permis de supposer que cette action, qui varie dans chaque glande, ne peut subsister elle-même qu'à la faveur de l'influence nerveuse ?

On sait que les fibres végétatives, très nombreuses dans le grand sympathique, s'allient aussi surtout aux nerfs sensitifs céphalo-rachidiens, comme la cinquième paire, les racines spinales postérieures, etc. Or, ici se présente une question intéres-

(1) Consultez à ce sujet : HEWSON, *Experim. inquir.*, t. II, p. 14. — PARRY, *On the arterial pulse*. Bath, 1816. — HASTINGS, *On inflammation of the mucous membranes*. Londres, 1820. — VERSCHUIR, *De art. et ven. irritabil. exp.* 5, 7, 8, 13, 14, 17, 18. — OPPENHEIM, *Experim. circà vitam arteriarum*. Manheim, 1822. *Exp.* 1, 9, 12. — WEDEMEYER, *Ueber den Kreislauf des Blutes*. Hanovre, 1828. — BAUMGAERTNER, *Beobachtungen über die Nerven und das Blut*. Fribourg, 1830. — STILLING, *Spinal irritation*, p. 163. — SCHWANN, *Berlin-Encyclop.* art. *Gefæsse*, p. 229. — HENLE, *Anat. génér.*, trad. franç. de Jourdan, t. II, p. 44.

sante à résoudre : je veux parler du consensus qui existe entre les nerfs sensitifs et les nerfs organiques qui accompagnent les vaisseaux, consensus que faisait déjà supposer leur association anatomique, et que démontre l'observation directe. Le mamelon, par exemple, s'érige, quand on excite légèrement ses nerfs sensitifs; la peau de la face rougit et ses artères plus rénitentes semblent battre plus fortement dans les névralgies de la cinquième paire, comme cela s'observe d'ailleurs dans d'autres parties enflammées et douloureuses, tandis que le pouls, à la suite de la perte du sentiment, finit quelquefois par n'être plus perceptible dans certaines régions du corps où il était d'abord très prononcé; l'écoulement de la salive succède à la stimulation de la muqueuse buccale; la sécrétion des larmes, d'ordinaire si abondante quand on excite la conjonctive, et l'injection de cette membrane ne s'observent plus, du moins dans les premiers instants, après la section du trijumeau, qui entraîne l'anesthésie de la surface de l'œil, etc.

Mais ces exemples, et tant d'autres que nous pourrions citer, ne sauraient faire supposer une action *directe* des nerfs sensitifs sur les vaisseaux qui apportent les matériaux de la nutrition et des sécrétions, puisque la faculté conductrice de ces nerfs s'exerce uniquement dans une direction centripète, et que les actes précédents nécessitent, au contraire, une influence centrifuge. On est donc ainsi amené à accorder cette influence aux fibres végétatives qui sont associées spécialement aux nerfs de sensibilité; à reconnaître que la fonction des unes se trouve liée à l'intégrité des autres; et, par conséquent, à admettre une sorte de *réflexion* de l'état des nerfs sensitifs sur les nerfs gris ou vasculaires, réflexion qui s'accomplit dans l'axe cérébro-spinal, et peut-être aussi dans les ganglions sympathiques et intervertébraux. Ces derniers nerfs, qui auraient de la sorte une mission motrice et centrifuge à remplir, devraient prendre place à côté des nerfs moteurs proprement dits dont les nerfs sensitifs sont aussi les régulateurs naturels; et les variations dans le degré de contractilité des vaisseaux viendraient rendre compte de celles qu'on observe dans la nutrition et les sécrétions, à la suite des irritations ou de l'anesthésie.

V. DU POUVOIR RÉFLEXE ET DES MOUVEMENTS QUI EN DÉPENDENT.

Une impression faite à nos organes peut, en parcourant des voies différentes dans la masse cérébro-spinale, donner lieu à des mouvements de nature distincte. Ainsi, tantôt transmise à l'encéphale directement par les nerfs sensitifs crâniens, ou indirectement par l'entremise de la moelle épinière et des racines spinales postérieures, elle va s'élaborer dans la région encéphalique où réside le *sensorium commune*, s'y transforme en sensation, et, par conséquent, arrive à la connaissance de l'animal qui peut réagir par des mouvements *volontaires :* tantôt, également transmise par les nerfs sensitifs, soit à une partie déterminée de l'encéphale, soit à la moelle épinière, cette impression occasionne, sans se transformer nécessairement en sensation, une incitation immédiatement réfléchie sur les nerfs moteurs; d'où des mouvements dits *réflexes*, à la production desquels la volonté ne prête plus son concours.

La puissance, qui donne ainsi lieu à des mouvements sans la participation de la volonté, a été considérée comme une faculté spéciale de l'axe cérébro-rachidien, et désignée sous les noms de *pouvoir réflexe*, *faculté* ou *propriété excito-motrice*.

La plupart des phénomènes, dépendants de la réflexion des impressions faites aux nerfs sensitifs sur les nerfs moteurs, par l'entremise de l'axe cérébro-spinal regardé

comme centre indispensable de cette réflexion, furent observés, puis proclamés de la manière la plus explicite, au commencement de ce siècle, par Prochaska, qui déjà avait aussi reconnu qu'ils peuvent se produire avec ou sans conscience : « *Notandum est quod ista* reflexio, *vel animâ insciâ*, *vel verò animâ consciâ*, *fiat* (1). »

Les auteurs, qui le plus récemment se sont occupés de l'étude des mêmes phénomènes, ayant passé sous silence les intéressantes recherches de ce physiologiste, nous croyons devoir réparer cet oubli, en citant quelques extraits de ses ouvrages, que nous avons traduits presque littéralement :

« Les impressions externes qui se font par les nerfs sensitifs, dit Prochaska (2), se propagent avec rapidité en suivant toute la longueur de leur trajet jusqu'à leur origine : dès qu'elles y sont parvenues, *elles s'y réfléchissent*, d'après une loi constante, et passent dans les nerfs moteurs correspondants ; d'où des mouvements constants et déterminés dans les muscles (p. 150-151).

» Le siége du *sensorium commune* s'étend jusque dans la moelle, ainsi que le prouvent les mouvements qui subsistent chez les animaux décapités, mouvements qui ne peuvent se produire sans une sorte de *consensus* entre les nerfs spinaux : ainsi, lorsqu'on pique une grenouille *décapitée* (p. 153), non seulement elle retire la partie lésée, mais encore elle rampe, elle saute, ce qui ne peut avoir lieu sans l'action synergique des nerfs sensitifs et moteurs, action qui a son siége dans la moelle épinière, la seule partie qui reste des centres nerveux (3).

» La condition générale qui domine *la réflexion* des impressions sensorielles sur les nerfs moteurs, c'est l'instinct de la conservation individuelle (p. 154). »

Puis, pour prouver l'exactitude de son assertion, Prochaska cite plusieurs phénomènes dans lesquels la conscience intervient, et dont voici les plus remarquables :

« 1° Une irritation portée sur la membrane pituitaire occasionne une *réflexion* sur les nerfs moteurs respiratoires, d'où une violente expiration propre à expulser la cause irritante ;

» 2° Le même phénomène s'observe, lorsqu'une parcelle d'aliment ou une goutte de liquide tombe dans la trachée-artère ;

» 3° Quand une personne approche le doigt de notre œil, quoique nous sachions bien qu'elle n'a pas l'intention de nous nuire, l'impression faite au nerf optique ne s'en *réfléchit* pas moins sur les nerfs moteurs des paupières, qui se rapprochent et se ferment malgré nous, etc. »

C'est encore à l'aide de l'action des nerfs sensitifs sur les nerfs moteurs, action qui aurait pour intermédiaires indispensables la moelle épinière et la moelle allongée, que Prochaska explique les faits suivants :

« Il est certain, dit-il (p. 157), que, sans que l'âme en soit avertie, des impressions sensorielles peuvent *se réfléchir* sur les nerfs moteurs, comme le prouvent les phénomènes qui se passent chez les apoplectiques ayant perdu toute conscience d'eux-mêmes : ils ont le pouls élevé et la respiration large ; ils lèvent la main et l'approchent très souvent, sans s'en apercevoir, du lieu de leur affection.

» Il en est de même dans les convulsions épileptiques et dans les mouvements

(1) G. PROCHASKA, *Operum minorum anat. physiol. et pathol. argum.* Pars secunda, cap. IV, p. 156. Viennæ, 1800.

(2) *Op. cit. Commentatio de functionibus systematis nervosi*, cap. IV, p. 159.

(3) ROB. WHYTT *Les vapeurs et mal. nerv.*, trad. franç., t. Ier p. 265 et 295. Paris, 1767, et GILBERT BLANE (*Philos. transact.*, 1788, et *Select. diss.*, p. 262) avaient déjà relaté des expériences analogues.

que l'on observe, indépendamment des contractions du cœur et des mouvements respiratoires, chez les personnes profondément endormies; en effet, elles retirent leurs membres lorsqu'on vient à les piquer ou à les irriter légèrement.

» A cette même catégorie de phénomènes, il faut rapporter les mouvements qui suivent les pincements sur le corps de l'homme et des animaux décapités, et qui, ayant lieu sans conscience, sont régis par la moelle épinière. »

Enfin, Prochaska (p. 158), après avoir rappelé l'éternument consécutif à des irritations de la pituitaire, la toux qui succède à la stimulation de la muqueuse de la trachée, mentionne encore comme *effets réflexes* le vomissement déterminé par la titillation du pharynx, le tremblement dans les accès des fièvres intermittentes, les mouvements convulsifs de la danse de Saint-Guy, etc.

Ces diverses citations paraîtront, sans doute, suffisantes pour établir les droits de Prochaska à la découverte d'un principe physiologique dont nous signalerons plus tard les nombreuses applications.

Après lui, Legallois (1), dont les recherches furent publiées en 1812, rappela l'attention sur le pouvoir propre ou excito-moteur de la moelle épinière séparée de l'encéphale.

En effet, cet expérimentateur combattit l'ancienne opinion dans laquelle on regardait la moelle seulement comme un gros nerf, et le cerveau comme le foyer unique de la puissance nerveuse : il avança, au contraire, que « le principe du sentiment et des mouvements du tronc a son siége dans la moelle (t. I, p. 134)... Non seulement, dit-il, la vie du tronc dépend en général de la moelle épinière, mais celle de chaque partie dépend spécialement de la portion de cette moelle dont elle reçoit des nerfs; en sorte qu'en détruisant une certaine étendue de la moelle épinière, on ne frappe de mort que les parties qui reçoivent leurs nerfs de la moelle détruite (p. 135). »

Lorsque, d'après la remarque de Legallois (p. 15, *ibid.*), on a décapité une salamandre *sur les premières vertèbres*, de manière à enlever tout l'encéphale, elle peut continuer de vivre pendant plusieurs jours; mais, quoiqu'elle fasse mouvoir son corps ou ses membres avec autant de force qu'il en faudrait pour se transporter d'un lieu à un autre, elle reste à la même place, et on peut la laisser sur une assiette, avec un peu d'eau, sans craindre qu'elle s'échappe. Si l'on examine tous ses mouvements, on voit qu'ils sont déréglés et sans but. Elle meut ses pattes en sens contraire les unes des autres, en sorte qu'elle ne peut avancer, ou que si elle fait un pas en avant, elle en fait bientôt un autre en arrière.

On observe la même chose, ajoute Legallois, dans les grenouilles décapitées à la même hauteur : cependant « tous ces animaux font, en général, peu de mouvements, *à moins qu'on ne les touche;* et l'on conçoit que cela doit être, puisque de tous les sens il n'y a plus que le toucher qui puisse leur transmettre des impressions (page 16, *ibid.*). »

Le même expérimentateur fait encore observer que les phénomènes précédents, constatés sur des reptiles, se reproduisent dans les animaux à sang chaud; mais que, comme ces derniers ne peuvent être entretenus vivants qu'à l'aide de l'insufflation pulmonaire, ils sont moins propres aux recherches dont il s'agit que les reptiles, qui peuvent se passer pendant fort longtemps de la respiration pulmonaire. Néanmoins, pour démontrer que la moelle est aussi une véritable source

(1) *Œuvres complètes*, édit. avec des notes de Pariset, t. I.

excito-motrice chez les mammifères, Legallois (1) rapporte l'expérience suivante, dans laquelle la décapitation n'a pas été pratiquée. Chez un lapin, il coupe la moelle transversalement, entre la dernière vertèbre dorsale et la première lombaire. Après cette opération, selon Legallois, le sentiment et le mouvement persistent, même dans le train de derrière; mais il n'y a plus aucun rapport de sentiment ni de mouvement entre les parties antérieures et postérieures à la section de la moelle, *c'est-à-dire que si l'on pince la queue ou bien une des pattes postérieures, tout le train de derrière s'agite*, tandis que celui de devant n'en paraît rien ressentir et demeure immobile. Réciproquement, si l'on pince une oreille ou une des pattes de devant, les parties antérieures s'agitent, mais les postérieures demeurent sans mouvement. En un mot, la section de la moelle a évidemment établi, dans le même animal, deux centres d'innervation bien distincts et indépendants l'un de l'autre; « on pourrait même dire, ajoute Legallois, deux centres de volonté, si les mouvements que fait le train de derrière, quand on le pince, supposent la volonté de se soustraire au corps qui le blesse. »

Aucun expérimentateur n'a reconnu plus souvent que Legallois que ces sortes de mouvements disparaissent par la destruction de la moelle, dont le concours, comme organe central, est par conséquent indispensable à l'action réflexe des nerfs sensitifs sur les nerfs moteurs, d'après l'expression de Prochaska.

Legallois a non seulement voulu démontrer que de la moelle épinière part le principe de vie et de force qui anime tout le corps, mais il a encore indiqué de laquelle des deux substances de la moelle émane ce principe. « C'est, dit-il (2), dans la partie grise de la moelle que naissent et les nerfs spinaux et le principe qui les anime directement », tandis que la partie blanche ou médullaire ne fait que le transmettre. En d'autres termes, la moelle, par sa substance blanche, est un simple cordon conducteur, c'est-à-dire qu'elle représente le faisceau des nerfs du tronc; mais, de plus, elle est un centre d'innervation par sa substance grise.

Lallemand (3) est venu confirmer, par des observations d'anencéphales, l'opinion de Prochaska et de Legallois sur l'action propre ou excito-motrice de la moelle épinière. « Ces observations suffisent, dit le professeur de Montpellier, pour prouver que le cerveau n'est pas la source unique de la puissance nerveuse, comme le croyait Haller, ni le centre unique du système nerveux de la vie animale, comme le pensait Bichat. Elles prouveraient encore, si cela avait besoin de l'être aujourd'hui, que les mouvements indépendants de la volonté ne sont pas sous l'influence du cervelet. Il en résulte enfin, comme conséquence immédiate, que les organes qui reçoivent leurs nerfs de la moelle allongée et de la moelle épinière, y puisent *directement* la puissance nerveuse qui les anime, tandis que c'est du cerveau que partent les déterminations de la volonté.....

» La respiration, la déglutition, la sensibilité et le mouvement, ont existé chez ces fœtus, malgré l'absence du cerveau et du cervelet. Aucune objection ne peut empêcher d'en conclure que ces fonctions sont indépendantes de ces organes; que, par conséquent, la moelle allongée et la moelle épinière ne puisent, ni dans le cerveau, ni dans le cervelet, la puissance nerveuse qui anime les parties qui en reçoivent des nerfs. »

(1) *Ouvr. cité*, t. I, p. 80, édit. 1830, revue par Pariset.
(2) T. I, p. 20, *édit. cit.*
(3) *Observations pathologiques propres à éclairer plusieurs points de physiologie*, Dissert. inaug. Paris, 1818, n° 165, p. 53 et suiv.

Une observation de Beyer (1) sert à démontrer jusqu'à quel point la moelle, dans l'espèce humaine, peut agir indépendamment du cerveau, après certaines mutilations accidentelles de ce dernier organe. Voici l'extrait de cette observation : Une femme mal conformée devint enceinte en 1830. Après des tentatives infructueuses pour l'accoucher avec le forceps, on se décida à briser la tête du fœtus. Le docteur Beyer pratiqua cette opération, fit sortir les deux pariétaux, *vida entièrement le crâne*, et fit l'extraction de l'enfant, qui fut enveloppé dans une serviette et jeté dans un coin. Pendant que ce médecin s'occupait de la sortie de l'arrière-faix, il entendit une espèce de murmure qui s'élevait du lieu où l'on avait déposé l'enfant. Au bout de trois minutes, celui-ci poussa un cri distinct. Alors on ouvrit la serviette, et l'on vit avec étonnement ce fœtus sans cerveau, respirant et agitant ses mains et ses pieds; il poussa quelques cris, et donna les autres signes de vie pendant plusieurs minutes.

En faisant allusion à ses propres expériences sur la moelle, Fodéra (2) s'exprime ainsi en 1823 : « A l'égard de la moelle épinière, la section transversale complète, dans les oiseaux, ne paralyse point, en général, tout à fait les extrémités postérieures : *si on leur pince la patte, ils la retirent, quoiqu'ils n'en souffrent pas.* Mais si la moelle est détruite entièrement dans l'intérieur du canal vertébral, la paralysie est parfaite, c'est-à-dire que ces mouvements qui succèdent au pincement ne se produisent plus. »

Cinq années plus tard, Calmeil (3) publia une série d'expériences sur le point de physiologie qui nous occupe, et arriva à des conclusions analogues à celles de Legallois. Tout en admettant que le cerveau est le foyer des perceptions, qu'il est, comme le dit Cuvier, le point où les sensations prennent une forme distincte et laissent des traces et des souvenirs durables, Calmeil avance (p. 91) que « la moelle épinière des reptiles, des jeunes oiseaux et des jeunes mammifères, semble également susceptible, après l'enlèvement du cerveau, d'être modifiée par nos irritations, de *les sentir*, et, par suite, d'ordonner des mouvements calculés, durables, qu'il ne faut pas confondre avec les secousses convulsives et fugaces dues à l'irritabilité. »

Cette faculté de la moelle épinière, continue Calmeil, est probablement répartie *dans tous ses points*, car nous avons vu que lorsque les agacements portaient sur la partie antérieure du tronc, c'était quelquefois la portion de moelle qui anime les membres thoraciques qui recueillait seule l'impression; de sorte que les mouvements éclataient dans les seuls membres antérieurs. Au contraire, nous avons vu d'autres fois les impressions se concentrer dans la portion de moelle qui anime les membres pelviens. Ainsi il paraît incontestable que l'on peut, par des vivisections, établir sur un même animal différents foyers où les impressions sont recueillies sans le concours du cerveau, et tout à fait à l'insu de ce que nous appelons le *moi*. Je suppose, ajoute le même auteur, qu'un homme reçoive un coup de feu dans le dos : la moelle épinière est interrompue, mais l'intelligence est pleine et entière. Le malade ne perçoit aucune sensation douloureuse lorsque l'on pince ou l'on brûle la peau de ses jambes. *Cependant il survient, sous l'influence de ces irritations, quelques mouvements musculaires légers*, mais réguliers et non

(1) *Annales de Hecker*, et *The american journal of the medic. sc.* mai 1834, p. 220. — *Extrait dans Arch. génér. de médec.*, t. V, 2e série, p. 615, 1834.

(2) *Journal de physiol. expériment.*, t. III, p. 214.

(3) *Rech. sur la struct., les fonct. et le ramollissement de la moelle épinière.* Dans *Journal des progrès*, t. XI, p. 87 et suiv., 1828.

convulsifs, qu'il faut attribuer à un ébranlement, à une modification de la moelle épinière.

On a vu plus haut que, d'après Prochaska, les mouvements s'expliquent, dans ce cas, par ce qu'il nomme la *réflexion des impressions* des nerfs sensitifs sur les nerfs moteurs, et que cette réflexion ne peut avoir lieu sans la présence de la moelle, quand il s'agit d'impressions faites aux téguments du tronc et des membres.

Dès 1823, Herbert-Mayo (1) avait reconnu que les phénomènes réflexes ne sont pas restreints à la moelle et aux nerfs spinaux, mais qu'ils peuvent se manifester, par l'entremise des masses encéphaliques et des nerfs sensoriels cérébraux, à la suite de véritables sensations. Ce physiologiste a démontré, en effet, qu'après la section du nerf optique, toute excitation mécanique du bout cérébral de ce nerf, chez l'animal vivant, est accompagnée de mouvements de la pupille. Or, on sait que la section de cette paire nerveuse, dans l'extirpation de l'œil chez l'homme, fait apercevoir au malade des masses considérables de lumière : la précédente expérience fournit donc un exemple de mouvement involontaire réflexe succédant à une sensation, et dans lequel l'encéphale lui-même sert d'intermédiaire entre l'excitation sensorielle ou centripète et l'excitation motrice ou centrifuge. C'est d'ailleurs un phénomène du même ordre qu'on observe à l'état normal, toutes les fois que la lumière vient à impressionner la rétine elle-même.

Quant au pouvoir réflexe de la moelle épinière, Herbert-Mayo (2) s'énonce ainsi : « Si l'on divise la moelle au milieu du cou, et qu'on fasse une seconde section au milieu du dos, on produit une contraction musculaire en irritant un organe sensitif lié avec l'un ou l'autre segment isolé ; si l'on pique la plante du pied, le pied se retire brusquement, de la même manière que cela eût eu lieu pendant la vie ; c'est-à-dire qu'un organe sensitif est excité, et qu'une irritation se propage au moyen du nerf sensitif jusqu'au segment isolé de la moelle épinière, où elle donne lieu à un changement suivi d'une impulsion propagée le long des nerfs de la volonté jusqu'aux muscles de la partie correspondante. »

Des citations précédentes, qu'on nous reprochera peut-être d'avoir trop multipliées, il résulte que déjà, depuis longtemps, les *effets réflexes* avaient sérieusement fixé l'attention de divers physiologistes, quand parurent, en 1833, les recherches confirmatives de Marshall-Hall (3) et de J. Müller (4). Toutefois, ces deux observateurs ont le mérite incontestable d'avoir envisagé la question sous un point de vue plus général, et d'avoir su trouver, dans la doctrine émise par Prochaska, l'explication vraie d'un grand nombre de phénomènes, la plupart déjà connus, mais mal interprétés.

Mentionnons d'abord la série d'actes physiologiques que l'on considère aujourd'hui comme dépendants du *pouvoir réflexe* de l'axe cérébro-spinal ; puis nous discuterons leur théorie.

(1) *Anat. and physiol. commentaries.* Londres, 1823.

(2) *Ouvr. cit.*, 3e édit., p. 230.

(3) *Philos. transact.*, année 1833. — *Lond. and Edinb. philos. Magaz.*, vol. X, n° 58. — *Memoirs on the nervous system.* Londres, 1837. — *Lectures on the nervous system and its diseases*, dans *the Lancet*, 1838. — *Memoirs on some principles of pathol. of the nervous system*, April, 1839. Voyez aussi *Annales des sc. nat.*, 1837, 2e série, t. VII, p. 321. — *New memoir on the nervous system.* Londres, 1843.

(4) *Manuel de physiol.* Trad. de Jourdan, t. I, p. 608. — Voir la 1re édit. allem. de cet ouvrage, t. I, publiée à Berlin en 1833.

On a vu déjà que ces actes consistent en ce qu'une excitation quelconque, émanée d'un organe de l'économie, et transmise par des fibres nerveuses sensitives, soit à la moelle épinière, soit à l'encéphale, se *réfléchit*, par l'entremise de ces centres nerveux, sur des fibres nerveuses motrices, pour donner lieu à des mouvements dits réflexes, auxquels la volonté reste complétement étrangère. Or, ces sortes de mouvements, qui ont, de plus, pour caractère de ne se produire, en général, qu'à la suite de la stimulation des nerfs sensitifs (1), peuvent se manifester, soit dans les muscles de la vie animale, soit dans ceux de la vie organique; ce qui nous oblige, par conséquent, à les examiner dans ces deux cas. Après un pareil examen, on comprendra facilement toute l'importance du rôle que joue, dans l'accomplissement de certains phénomènes de la vie, l'aptitude de l'axe cérébro-spinal à produire des décharges motrices involontaires.

Dans les mouvements réflexes des muscles de la vie animale, comme dans ceux des muscles de la vie organique, l'excitation centripète, propagée à l'encéphale ou à la moelle épinière, peut prendre naissance, soit dans les nerfs cérébro-rachidiens, soit dans les nerfs de la vie organique, et, dans l'un ou l'autre cas, suivant qu'elle arrive ou non jusqu'au siége du *sensorium commune*, devenir sensation ou ne pas prendre ce caractère. Je ne partage donc pas l'opinion de ceux qui prétendent que les mouvements réflexes ne sont jamais précédés de sensations, et je me range à l'opinion contraire de Prochaska, dont la vérité est surabondamment démontrée par l'observation des faits. Du reste, j'abandonnerai au lecteur la tâche facile de reconnaître, parmi les effets réflexes qui vont être signalés, ceux qui ont lieu avec ou sans l'intervention du *sensorium commune*.

1° *Mouvements réflexes des muscles de la vie animale, succédant à l'irritation des nerfs sensitifs céphalo-rachidiens.* — Quand, à l'aide d'une section transverse pratiquée au niveau de la région dorsale, on a complétement divisé une grenouille ou une salamandre, si l'on vient à stimuler les téguments des membres abdominaux, ceux-ci exécutent encore des mouvements plus ou moins énergiques. Mais ce phénomène intéressant ne se manifeste qu'autant que, dans le train postérieur de l'animal, existe un tronçon de moelle épinière; il cesse aussitôt que ce dernier est détruit : preuve évidente que de pareils mouvements ne sauraient provenir d'un conflit entre les fibres sensitives et les fibres motrices des nerfs eux-mêmes, et que la moelle est réellement douée d'un pouvoir moteur involontaire.

La simple décapitation, avec soustraction du bulbe rachidien et abolition des mouvements respiratoires, ne doit donc pas non plus empêcher les quatre membres de se mouvoir isolément ou simultanément, chaque fois qu'une irritation suffisante impressionne l'enveloppe cutanée. En effet, dans la première période de l'empoisonnement par le chlorhydrate de strychnine, même chez des mammifères, j'ai pu souvent constater que, si le plus léger attouchement de leur surface tégumentaire occasionne des secousses convulsives, celles-ci n'offrent pas une moindre intensité après la décapitation, tandis qu'elles se suppriment instantanément par la destruction de la moelle spinale.

Ainsi, nous voyons le système musculaire de la vie de relation accomplir des

(1) Toutefois, le bâillement et le vomissement peuvent avoir lieu par cela seul qu'on voit ou qu'on entend quelqu'un bâiller ou vomir. Après avoir éprouvé violemment le mal de mer, il m'est arrivé, pendant plusieurs jours, de vomir au seul souvenir des angoisses que j'avais endurées.

mouvements généraux ou partiels sous l'influence d'une force autre que la volonté, puisque l'encéphale, sans lequel un acte volontaire quelconque ne saurait se produire, peut être détruit sans que les mouvements précédents cessent d'avoir lieu.

Ajoutons que, quand bien même l'encéphale existe, et, avec lui, la volonté, des mouvements réflexes peuvent survenir nécessairement, c'est-à-dire en dépit de la résistance volontaire que l'individu oppose à leur manifestation. Tels sont, parmi les effets réflexes de la catégorie dont nous nous occupons, ceux qui suivent :

Après l'immersion prolongée dans un bain froid, surviennent un claquement des dents, un tremblement général que la volonté est inhabile à maîtriser. Celle-ci ne peut davantage empêcher le mouvement spasmodique de la glotte, quand une goutte de liquide ou une parcelle d'aliment tombe dans le vestibule sus-glottique ; la toux, quand la muqueuse respiratoire est vivement stimulée par une cause quelconque; l'éternument, après l'excitation directe de la membrane pituitaire. La volonté ne saurait non plus, au-delà d'un certain laps de temps, retarder ni les mouvements respiratoires, ni le clignement, qu'il soit dû à l'action d'une lumière trop intense sur la rétine ou d'un excitant quelconque (l'air, les larmes, etc.) sur la conjonctive ; ni la contraction des muscles du périnée, lorsque, dans le coït, l'excitation voluptueuse des nerfs du pénis a atteint un certain degré. Que peut encore la volonté sur les spasmes et le tremblement qui s'emparent d'un membre après une brûlure, après l'application d'un moxa; sur le tétanos qui succède à la lésion d'un nerf cérébro-rachidien ; sur les convulsions dues à l'odontalgie, à l'évulsion d'une dent, à la présence d'un névrôme ; sur les secousses convulsives, que précède l'*aura epileptica* ressentie dans tel ou tel membre ; sur le vomissement provoqué par la stimulation des muqueuses de l'estomac, de l'œsophage, du pharynx, des piliers du voile du palais, de la base de la langue, muqueuses qui toutes doivent leur sensibilité à la présence de nerfs cérébro-rachidiens? Les mouvements de la respiration ne persistent-ils pas avec une grande régularité durant le sommeil, aussi bien que l'action d'avaler la salive ou d'autres liquides ? Et n'observe-t-on pas encore ces mêmes phénomènes, chez les apoplectiques ou chez les animaux auxquels on a enlevé l'encéphale en respectant le bulbe rachidien, centre réflectif sans lequel ni la respiration ni la déglutition ne sauraient plus s'accomplir ? Chacun a pu éprouver tout ce qu'exige d'attention la résistance qu'on oppose à la déglutition d'un bol alimentaire qui a séjourné pendant longtemps dans la bouche, et qui y a été soumis à une suffisante mastication ; souvent alors la déglutition, phénomène réflexe, s'accomplit malgré nous et au moment où nous nous y attendons le moins. Si l'on opère l'acte de la déglutition plusieurs fois de suite volontairement, et qu'on n'avale que de la salive, bientôt cet acte ne peut plus être répété immédiatement. En effet, tout phénomène réflexe a besoin pour se produire d'un stimulus agissant d'abord sur un nerf sensitif; et la salive agit comme tel dans le premier, le second et le troisième mouvement de déglutition : mais, dans un quatrième mouvement, promptement essayé, le stimulus manque, et tous les efforts de la volonté sont impuissants à accomplir l'acte de la déglutition, jusqu'à ce que la salive soit de nouveau sécrétée.

On a coutume de citer encore comme dépendante du pouvoir excito-moteur ou réflexe de la moelle, la contraction des muscles sphincters du rectum et de la vessie, muscles qui, pourvus de nerfs rachidiens, restent contractés malgré l'ablation de l'encéphale, et se relâchent aussitôt qu'on a détruit la moelle épinière. Dans l'état de

vie, ils sont continuellement contractés, aussi bien durant le sommeil que durant la veille, et il n'est pas en notre pouvoir d'interrompre volontairement leur action, à moins que nous ne la contre-balancions par celle de leurs antagonistes.

2° *Mouvements réflexes des muscles de la vie animale, succédant à l'irritation des fibres sensitives du grand sympathique.* — Les impressions vives, émanées des organes auxquels se distribue le grand sympathique, peuvent, en se propageant à l'encéphale ou à la moelle, donner lieu à la réaction de muscles animés par des nerfs céphalo-rachidiens : c'est ainsi que les irritations du canal intestinal, chez les enfants, déterminent des convulsions; que l'éclampsie suit de près quelquefois les premières douleurs de l'accouchement (1); que parfois les convulsions hystériques sont annoncées par des douleurs intolérables de l'utérus, des ovaires, de la région solaire, etc. On peut citer également les spasmes des muscles respirateurs qui accompagnent le vomissement, quand celui-ci est provoqué par des irritations du canal intestinal, des reins, de l'utérus, etc.

J. Müller, en pinçant le grand nerf splanchnique, qui se distribue au canal intestinal après avoir traversé le ganglion semi-lunaire, dit avoir vu, sur des lapins, que les muscles abdominaux du même côté éprouvaient des contractions. Jusqu'à présent, cette expérience ne m'a point réussi. Chez des grenouilles *décapitées*, Volkmann (2), après avoir irrité le tube intestinal, a observé des mouvements réflexes très prononcés dans le tronc, mouvements que la destruction de la moelle rendait aussitôt impossibles.

3° *Mouvements réflexes des muscles de la vie organique, succédant à l'irritation des nerfs sensitifs céphalo-rachidiens.* — Des impressions transmises à l'axe cérébro-spinal par des nerfs de la vie de relation, peuvent en excitant d'abord celui-ci, provoquer une réaction motrice dans des organes animés par le grand sympathique. Une sensation vive et douloureuse à la peau (même après la section de la 8e paire) fait battre le cœur avec violence par l'entremise des seuls filets cardiaques sympathiques. L'impression que le nerf optique transmet à l'encéphale est suivie de mouvements dans l'ouverture pupillaire (3). Ces mêmes mouvements s'observent aussi quand on aspire de l'eau froide par les fosses nasales. La contraction des vésicules séminales succède à l'excitation des nerfs du pénis. Celle du *corps* de la vessie (4) s'observe à la suite de la stimulation de la muqueuse de ce réservoir par l'accumulation de l'urine.

Chez une tortue de mer, dont les cœurs lymphatiques avaient été mis à nu, les viscères enlevés et le tronc partagé transversalement en deux parties, J. Müller (5) parvint à produire une contraction instantanée des cœurs d'un côté, qui étaient depuis longtemps inertes, en pinçant la patte de derrière ou en stimulant la peau avec la pointe d'un instrument aigu.

(1) Je n'ai trouvé dans l'utérus que des filets du grand sympathique. (Voir mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. II, p. 550.)

(2) *Ueber Reflexbewegungen.* Sur les mouvements réflexes. Dans MÜLLER's *Arch.* 1838.

(3) Les ramuscules moteurs de l'iris émergent du ganglion ciliaire, dépendance du grand sympathique : on sait que le nerf moteur oculaire commun fournit la racine motrice de ce ganglion.

(4) La contraction involontaire *du corps* de la vessie est influencée par la moelle à l'aide de filets du grand sympathique, tandis que les filets vésicaux cérébro-rachidiens sont seulement en rapport avec la sensation du besoin d'uriner et la dilatation volontaire du *col* vésical.

(5) *Manuel de physiol.*, trad. de Jourdan, t. I, p. 635.

4° *Mouvements réflexes des muscles de la vie organique, succédant à l'irritation des fibres sensitives du grand sympathique.* — Le phénomène de la réflexion paraît s'opérer plus difficilement, et surtout plus rarement, des filets sensitifs du grand sympathique à l'axe cérébro-spinal, puis de celui-ci aux filets moteurs du grand sympathique lui-même, que des nerfs sensitifs céphalo-rachidiens à l'axe cérébro-spinal, et de celui-ci aux nerfs moteurs du même ordre.

On peut citer néanmoins les cas suivants comme exemples d'effets réflexes opérés par l'axe cérébro-spinal et le nerf grand sympathique, à l'exclusion des nerfs cérébro-spinaux proprement dits : dans divers états morbides des intestins, la pupille change de diamètre; sa dilatation, par exemple, accompagne les affections vermineuses, et cesse avec elles. Dans les phlegmasies du tube intestinal, des reins, de l'utérus, des ovaires, etc., les battements du cœur se modifient (1). Chez les grenouilles décapitées, quand la moelle épinière existe encore, le pincement des intestins, d'après Volkmann (2), provoque des contractions étendues de ce canal, tandis qu'après la destruction de la moelle, la réaction demeure limitée au lieu de l'irritation, et devient toute locale.

Ce qui précède nous conduit naturellement à nous poser cette question : *Y a-t-il dans les ganglions du grand sympathique un pouvoir réflexe comparable à celui de l'axe cérébro-spinal?* En d'autres termes, l'excitation centripète, transmise aux ganglions par leurs filets de sensibilité, est-elle susceptible de se réfléchir, ou de réagir sur leurs filets moteurs, pour donner lieu à des mouvements auxquels serait étranger l'axe cérébro-spinal ?

Prochaska (3) dit que le cœur ne peut se contracter qu'autant que l'impression du sang sur ses cavités est transmise *aux ganglions* par les nerfs du sentiment, et *réfléchie* sur les fibres musculaires par les nerfs du mouvement.

Plus tard, Grainger (4) n'hésite pas à résoudre la question par l'affirmative, comme l'avait fait, une année auparavant, Clarke (5) qui prétend « que les ganglions font l'office d'axes ou de centres par rapport à leurs derniers filaments, et qu'ils constituent des moyens de réflexion de ces filaments sur la fibre contractile. »

Grainger admet pour chaque ganglion un *système excito-moteur*, c'est-à-dire des fibres qui, distinctes des fibres primitives cérébro-spinales, seraient propres au ganglion et en rapport avec son *pouvoir réflexe*. Mais il faut reconnaître que, même l'existence de cet ordre particulier de filets étant admise, rien ne démontre que ces filets soient appropriés au pouvoir réflexe ganglionnaire, plutôt qu'aux actes nutritifs et sécrétoires.

Aucune preuve expérimentale n'est venue, en effet, confirmer l'opinion de Prochaska sur la réalité du pouvoir réflexe dans les ganglions sympathiques, du moins en l'absence de l'axe cérébro-spinal. Au contraire, Volkmann (6), qui refuse à ceux-ci le pouvoir de déterminer des phénomènes de réflexion, cite des expériences déjà mentionnées plus haut, et faites sur des grenouilles décapitées qui étaient dans la

(1) Nous avons déjà fait observer que, malgré la section de la huitième paire, le cœur bat avec violence par l'entremise des seuls filets cardiaques sympathiques, dans le cas, par exemple, d'une sensation vive et douloureuse à la peau. Il est donc bien permis d'admettre l'influence de ces mêmes filets sur les contractions cardiaques dans les cas qui viennent d'être cités.

(2) *Mém. cité.*

(3) *Opera minora*, t. II, p. 169.

(4) *Observ. on the struct. and funct. of the spinal cord.* London, 1837.

(5) *The practical anat. and element. physiol. of the nervous syst.*, p. 111. London, 1836.

(6) *Mém. cit.*

disposition aux mouvements réflectifs. Lorsque, d'après lui, la moelle épinière existait encore, le pincement des intestins provoquait des *contractions étendues*, tandis que, quand la moelle était détruite, la réaction demeurait limitée au lieu de l'irritation, et était toute *locale* (1).

J'ai pu aussi, sur de très jeunes mammifères décapités, déterminer, par le pincement du canal intestinal, des mouvements qui n'étaient point bornés au lieu de l'irritation, mais qui se propageaient soit en haut, soit en bas, et à une distance plus ou moins grande du point irrité; tandis qu'après la destruction de la moelle épinière, le pincement ne déterminait plus qu'une dépression bornée au point même sur lequel j'agissais, sans se propager même en anneau autour du tube intestinal. J'ai renouvelé ces observations, en déposant un petit morceau de potasse sur la surface muqueuse de l'intestin.

Pour saisir la signification de ces résultats, pour comprendre en quoi ils sont opposés à l'existence d'un pouvoir réflexe ganglionnaire, indépendant, on doit se rappeler qu'après l'ablation de l'encéphale, la moelle demeurant intacte, il suffit de l'attouchement d'un seul point des téguments pour donner lieu, par exemple, au mouvement général d'un membre; et qu'au contraire, la moelle étant détruite à son tour, l'irritation même directe d'un muscle ne fait plus contracter, pour ainsi dire, que le point excité. Or, ce sont de pareilles différences que nous venons de signaler; et si, après avoir, sur un animal vivant, détaché le canal intestinal avec le mésentère et le plexus ganglionnaire, ou même seulement avoir détruit la moelle, l'irritation ne produit plus qu'un resserrement tout local, au lieu d'une contraction étendue à une grande longueur de l'intestin, comme avant l'opération, il faut donc bien reconnaître que le conflit entre les fibres sensitives et motrices, duquel résultent les phénomènes appelés réflexes, ne peut se produire sans l'entremise de la moelle épinière, pas plus dans les fibres du grand sympathique que dans celles des nerfs céphalo-rachidiens.

Toutefois, j'ajouterai une remarque : des précédentes observations, il résulte seulement que le pouvoir réflexe ne saurait se manifester dans les ganglions sympathiques, après la suppression du concours de l'axe cérébro-spinal; mais il n'en résulte pas nécessairement qu'à l'état normal et avec l'intégrité des centres nerveux, aucun phénomène de réflexion ne s'accomplisse dans les renflements ganglionnaires. Il se peut, au contraire, que ces renflements soient alors le siége d'un conflit entre leurs fibres sensitives et leurs fibres motrices, qu'ils constituent des centres nombreux de réflexion directement subordonnés à un centre commun d'action, dont l'anéantissement enrayerait à l'instant même le jeu de tous les autres; comme on voit, dans une machine, l'arrêt du rouage principal produire l'immobilité soudaine des rouages secondaires. Mais nous n'avons aucun moyen direct de vérifier notre hypothèse.

Avant de discuter la théorie des mouvements réflexes, nous devons encore arrêter notre attention sur diverses particularités qui se rapportent à cet ordre de phénomènes.

(1) Pikford (cité par Valentin dans *Lehrbuch der Physiologie*, t. II, p. 756, 1844) affirme que, malgré l'intégrité de la moelle épinière, les mouvements réflexes du canal intestinal n'ont plus lieu après qu'on a détruit le bulbe rachidien. Souvent mes propres expériences, sur des grenouilles, m'ont paru confirmer celles de Pikford.

I. Sur des animaux décapités, Herbert-Mayo (1) et Calmeil (2) ont constaté que, dès qu'une impression est parvenue à la moelle spinale, l'incitation centrifuge qui en dérive a une tendance singulière à se communiquer surtout à ceux des nerfs moteurs spinaux dont l'origine se rapproche le plus de celle des nerfs sensitifs irrités. La même remarque s'applique à ceux des nerfs cérébraux sensitifs et moteurs dont l'origine converge à la moelle allongée, et qui, par cela même, offrent une aptitude si grande aux phénomènes de la réflexion. « J'ai vu, dit Calmeil (3), que lorsque les agacements portaient sur la partie antérieure du tronc, c'était quelquefois la portion de moelle qui anime les membres thoraciques qui recueillait seule l'impression ; de sorte que ces mouvements éclataient dans les seuls membres antérieurs. Au contraire, j'ai vu d'autres fois les impressions se concentrer dans la portion de moelle qui anime les membres pelviens. »

En outre, dans nos propres expériences, nous avons pu reconnaître qu'il est facile, en variant l'intensité de l'impression, de donner lieu à des mouvements réflexes plus ou moins étendus. Chez une grenouille décapitée, par exemple, vient-on à stimuler légèrement les téguments d'un membre abdominal, celui-ci entre seul en contraction ; le stimulus, appliqué au même point, est-il plus énergique, les deux membres abdominaux se contractent ; enfin, quoique limitée à la même place, l'excitation extérieure est-elle encore plus vive, les quatre membres s'agitent simultanément.

Nous chercherons, plus loin, à nous rendre compte de ces différences.

II. Le conflit qui, par l'entremise de l'axe cérébro-spinal, a lieu si facilement entre les nerfs sensitifs et moteurs dont l'origine est très rapprochée, peut également se produire, avec le concours de la moelle et du bulbe rachidien, entre les nerfs sensitifs des membranes muqueuses et les nerfs moteurs respiratoires.

La série de phénomènes réflexes qui résultent de ce dernier conflit est assurément digne de fixer l'attention du pathologiste autant que celle du physiologiste. L'éternument, la toux, le vomissement, le hoquet, et les efforts qui accompagnent la parturition ou l'excrétion des urines et des fèces, proviennent d'irritations exercées sur le système muqueux des organes respiratoires, digestifs, génito-urinaires, et transmises au foyer incitateur des mouvements respiratoires par des filets sensitifs appartenant soit à des nerfs céphalo-rachidiens, soit au grand sympathique.

Rappelons que les affections de certains organes glanduleux, du foie, des reins, des ovaires, des testicules eux-mêmes, peuvent aussi occasionner le vomissement qui s'observe encore dans les lésions de l'utérus, et dans les premiers temps de la conception.

Il n'est pas exact d'avancer que, si le groupe des muscles respiratoires peut entrer en jeu à la suite d'impressions faites aux diverses membranes muqueuses, il n'en saurait être de même après les impressions qui prennent naissance à la surface cutanée. Car, chez l'homme, on parvient à réveiller les actes de la respiration en jetant de l'eau froide à la face ou sur d'autres parties du corps, et le chatouillement de la plante des pieds occasionne un rire convulsif qui, parce qu'il succède à une sti-

(1) *Anat. and. physiol. comment.* London, 1823, p. 2. 138.
(2) *Recherches sur la struct., les fonct. et le ramoll. de la moelle épinière.* Dans *Journal des Progrès*, t. XI, p. 92 ; 1828.
(3) *Mém. cit.*

mulation extérieure, peut, au moins dans ce cas, être regardé comme un phénomène réflexe.

III. Un fait curieux, observé par Volkmann (1), consiste dans la grande différence d'aptitude à déterminer des mouvements réflexes, qui existe entre les troncs nerveux et leur expansion périphérique.

Pour ma part, après la section de la moelle dorsale, j'ai vu souvent ces sortes de mouvements se produire avec une grande énergie dans les deux membres postérieurs, en stimulant une partie très limitée de la peau, tandis que les contractions étaient infiniment moindres, ou parfois manquaient entièrement, avec la même irritation, appliquée simultanément à plusieurs racines spinales postérieures. Je n'ai jamais pu réussir à provoquer la toux, chez l'animal vivant, en agissant sur le tronc du nerf vague, ainsi que Cruveilhier (2) et Romberg (3) prétendent l'avoir fait, tandis que ce mouvement convulsif survenait ordinairement après une stimulation directe de la muqueuse respiratoire.

IV. Les expériences démontrent que certains agents chimiques peuvent modifier le *pouvoir réflexe*.

On a reconnu à la strychnine et aux préparations opiacées, par exemple, la propriété d'exagérer singulièrement ses effets. Les grenouilles, surtout, sont précieuses pour ce genre de démonstration. Quand l'empoisonnement, par ces substances, a eu lieu chez elles, l'impressionnabilité de la surface tégumentaire devient telle qu'il suffit du plus léger attouchement, celui d'un cheveu, pour provoquer des secousses convulsives générales que l'ablation de l'encéphale ne diminue point, mais que la destruction de la moelle fait subitement disparaître.

Ayant souvent reproduit ces expériences aux diverses saisons de l'année, j'ai constaté que les phénomènes réflexes pouvaient offrir quelques différences, non seulement dans leur intensité, mais même dans leurs conditions de manifestation : ainsi, pendant l'hiver, le plus ordinairement je ne parvenais à faire naître ces phénomènes, chez les grenouilles décapitées et narcotisées, qu'à la condition expresse de laisser le bulbe rachidien intact; tandis que, durant les autres saisons, le moindre tronçon de moelle lombaire suffisait à l'excitation de mouvements réflexes très vifs dans les membres postérieurs.

L'éther sulfurique inhalé agit, comme je l'ai établi récemment (4), d'une manière tout autre que la strychnine et les préparations opiacées, c'est-à-dire qu'il suspend avec une grande rapidité, sinon tous, du moins quelques effets dus au pouvoir réflexe. Quand l'ivresse éthérée, compatible avec l'entretien de la vie, est aussi complète que possible, aucun mouvement réflexe ne saurait plus être provoqué dans les membres de l'homme ou des animaux, quelque vive d'ailleurs que soit la stimulation appliquée à leur tégument; le clignement lui-même, qui succède à l'excitation directe de la muqueuse oculaire et qui persiste si bien chez un animal expirant, n'a plus lieu chez celui qu'on a rendu complétement insensible par l'inhalation de l'éther; les irritants les plus énergiques, appliqués à la

(1) *Ueber Reflexbewegungen* (*Sur les mouvements réflexes*); dans *Muller's Arch.*, 1838.
(2) *Nouv. biblioth. méd.*, t. II, p. 172; 1828. Art. sur les *Névralgies viscérales*, par Jolly.
(3) *Muller's Arch.*, 1838, p. 311.
(4) *Expériences relatives aux effets de l'inhalation de l'éther sulfurique sur le système nerveux*, février, 1847.

muqueuse pharyngienne, ne déterminent plus ni les mouvements réflectifs de déglutition, ni l'occlusion concomitante de la glotte, etc.

Mais, quoique le pouvoir réflexe soit entièrement suspendu, en ce qui concerne les précédents phénomènes, bien évidemment il continue d'exercer son influence vivifiante sur l'appareil respiratoire et sur les muscles de la vie organique, puisque la respiration et les mouvements réflectifs accidentels qui en dérivent ne sont pas supprimés, puisque les contractions du cœur, des intestins, de l'utérus, etc., persistent. S'il en était autrement, on n'aurait plus sous les yeux que le spectacle de la mort.

Un fait assez curieux, et qui ne s'est révélé à mon observation qu'après bien des tâtonnements, c'est qu'on arrive, chez les animaux mis en expérience, à amoindrir ou même à neutraliser les fâcheux effets de l'éther sur le pouvoir réflexe de la moelle, par la strychnine, et, ceux de la strychnine et des opiacés, par l'éther.

J'ai pu aussi démontrer, sur des animaux éthérisés, après avoir préalablement pratiqué la section de la moelle à une hauteur convenable, que constamment les fonctions des centres encéphaliques sont suspendues avant la fonction réflexe de la moelle épinière (1), et qu'abolies les premières, elles se rétablissent aussi en premier lieu.

V. Quoique cette dernière observation tende déjà à faire supposer, à un certain point de vue, une indépendance réciproque entre les fonctions spinales et les fonctions encéphaliques, il importe néanmoins de démontrer, à l'aide d'expériences plus directes, que le pouvoir réflexe de la moelle lui appartient réellement en propre, et que ses effets ne sont pas dus seulement à la survivance temporaire d'une force primitivement émanée de l'encéphale.

Deux jeunes chiens ayant survécu à l'ablation d'une lame vertébrale (la dixième dorsale) et à la résection d'un centimètre environ de la moelle, je pus reconnaître que son bout caudal, au vingt-quatrième jour, n'avait encore rien perdu de son excitabilité; chez plusieurs grenouilles, plus d'un mois après une pareille mutilation, je constatai le même résultat : et pourtant, dans tous ces cas, la perte de substance avait été assez considérable, pour qu'il ne fût pas permis de croire à la transmission de l'influx nerveux venu de l'encéphale. Comme le faisait présumer la présence de la substance grise dans son intérieur, et comme le démontrent d'ailleurs tant d'autres phénomènes sur lesquels nous avons insisté, la moelle épinière constitue donc un foyer indépendant d'innervation, et ne saurait être assimilée aux cordons nerveux moteurs qui, comme je l'ai démontré (2), perdent toute excitabilité dès le quatrième jour de leur séparation de l'axe cérébro-spinal.

Si le pouvoir réflexe de la moelle épinière disparaît si vite après la décapitation au-dessous du bulbe, cela tient à ce qu'une pareille mutilation entraîne l'asphyxie (3). Quand, au contraire, la résection du cordon spinal est pratiquée à un niveau qui permet d'éviter la lésion de la respiration, on voit les mouvements réflexes persister dans les membres postérieurs privés de contractions volontaires,

(1) J'entends parler ici spécialement de l'action réflexe s'exerçant sur les membres.

(2) Voy. plus haut, p. 49.

(3) On sait, d'après la remarque déjà ancienne de Legallois (*ouv. cit.*, t. I, p. 18), que les phénomènes réflexes, après la décapitation au-dessous du bulbe, persistent bien plus longtemps chez les grenouilles que chez les mammifères : cette différence provient de ce que les premières éprouvent les effets de l'asphyxie beaucoup plus tardivement que les seconds.

et durer jusqu'à la mort qui souvent, chez les grenouilles par exemple, arrive seulement après plusieurs semaines.

Théorie du pouvoir réflexe et des mouvements qui en dépendent.

Après avoir démontré l'existence du *pouvoir réflexe*, c'est-à-dire de l'aptitude de l'axe cérébro-spinal à produire des décharges motrices involontaires, à la suite d'impressions perçues ou non perçues par la conscience ; après avoir mentionné les divers phénomènes qui s'y rapportent, et les conditions qui président à leur manifestation, il nous reste à discuter leur théorie.

Parce que les muscles dévolus à la vie de relation, et par conséquent volontaires, peuvent continuer à exécuter des mouvements d'ensemble sous une influence indépendante de la volonté, Marshall-Hall (1) n'hésite pas à admettre, comme physiologiquement distinct de l'appareil nerveux volontaire, un appareil nerveux spécial, *excito-moteur*, composé de *nerfs incidents* ou excitateurs, de nerfs *réfléchis* ou moteurs et de la *vraie moelle épinière* par laquelle ces nerfs spéciaux seraient unis entre eux, comme les nerfs *sensitifs* et *volontaires*, formant une autre fraction de la moelle, le sont par le cerveau proprement dit. Pour Marshall-Hall, qui nie qu'un mouvement réflexe soit jamais déterminé par une sensation, tout cordon nerveux *composé* pouvant être alternativement sensitif et excitateur, volontaire et moteur réflexe, offrirait deux origines, l'une dans le cerveau, l'autre dans la *vraie moelle épinière.*

Mais l'existence de fibres nerveuses spéciales, distinctes des fibres sensitives et motrices ordinaires, ne saurait être décidément admise par les physiologistes, puisqu'elle n'est fondée que sur une supposition. Et d'ailleurs, dès qu'on reconnaît que l'encéphale et la moelle épinière constituent deux centres d'innervation, séparés ou réunis, indépendants ou dépendants selon les circonstances, on ne voit pas bien pourquoi les mêmes cordons nerveux ne pourraient pas être subordonnés à l'un et à l'autre, pour donner lieu a des phénomènes dont les différences dépendraient seulement de la partie de l'axe cérébro-spinal qui entrerait plus particulièrement en action.

Si la moelle épinière et la moelle allongée sont des foyers d'innervation, comme l'encéphale lui-même, si elles ont le pouvoir d'entretenir, entre les nerfs sensitifs et les nerfs moteurs, un conflit duquel résultent les mouvements réflexes, je pense, avec Legallois (2), qu'elles doivent ce privilége à la présence de la substance grise contenue dans leur intérieur, et que, par leurs faisceaux blancs, elles ne sont que de simples organes de transmission, comme les nerfs (3) : c'est donc à cette substance grise exclusivement qu'on pourrait, pour se servir de l'expression de Marshall-Hall, réserver le nom de *vraie moelle épinière.*

A l'appui de cette opinion, je citerai des expériences que j'ai déjà consignées ailleurs (4) pour expliquer comment le bulbe, quoique paralysé momentanément par l'inhalation de l'éther, d'abord comme organe sensible, puis comme conducteur du principe des mouvements volontaires, peut continuer de fonctionner comme foyer central des mouvements réflexes respiratoires. J'ai divisé, détruit,

(1) *Mém. cit.*
(2) *Œuv. compl.*, édit. 1830, revue par PARISET, t. I, p. 20.
(3) Voir mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. I, p. 311, 398 ; t. II, p. 572, 583. Paris, 1842. A cette époque, je considérais déjà la substance grise de la moelle et du bulbe, comme destinée à influencer spécialement les fonctions de la vie organique.
(4) *Mém. cit., Sur les effets de l'inhalation de l'éther.*

au niveau même de l'origine de la huitième paire, les pyramides et les corps restiformes, et la respiration a persisté malgré cette lésion : au contraire, la destruction isolée du faisceau intermédiaire du bulbe, au même niveau, a produit la suspension instantanée de la respiration. A cette occasion, je ferai observer que les corps restiformes et pyramidaux sont exclusivement formés de fibres blanches, remplissant le simple rôle de conducteur des impressions et des ordres de la volonté, tandis que le faisceau intermédiaire (j'appelle ainsi celui qui est situé entre les corps pyramidal et restiforme) est seul pénétré d'une quantité considérable de *substance grise*, *riche en vaisseaux artériels*, *et apte à représenter*, *au centre du bulbe rachidien*, *un foyer spécial d'innervation*. C'est donc l'intégrité de ce foyer spécial, composé de substance grise et aidé des fibres du faisceau intermédiaire, qui est seule nécessaire, chez les animaux, à l'entretien de leurs mouvements respiratoires.

Cette démonstration directe du rôle essentiel que joue la substance grise du bulbe, dans la production d'un certain ordre de phénomènes réflexes, conduit naturellement à accorder le même rôle à la substance grise de la moelle, dans la production des autres effets réflexes déjà mentionnés.

J'ai fait remarquer, plus haut, qu'en variant l'intensité de l'impression, on pouvait donner lieu à des mouvements réflexes plus ou moins étendus ; que si, chez une grenouille décapitée, par exemple, on stimulait légèrement la peau d'un membre abdominal, celui-ci entrait seul en contraction ; que si le stimulus, appliqué au même point, était plus énergique, les deux membres abdominaux se contractaient ; qu'enfin l'excitation extérieure devenant encore plus vive, quoique limitée à la même place, les quatre membres s'agitaient convulsivement. Ces différences dans les résultats s'expliquent, sans doute, en supposant que l'incitation centripète peut, selon son intensité, s'irradier plus ou moins loin à travers l'axe gris de la moelle duquel procède l'incitation centrifuge, qui elle-même va se communiquer à un plus ou moins grand nombre de nerfs moteurs.

Si, chez des grenouilles décapitées, après avoir fendu la moelle jusqu'à son extrémité postérieure sur la ligne médiane, et avoir laissé seulement une mince communication entre les deux moitiés de l'organe, on parvient quelquefois, en irritant fortement la surface cutanée d'un membre, à provoquer des mouvements réflexes, non seulement dans ce membre, mais encore dans celui du côté opposé, il nous semble permis de croire que la portion de la commissure grise, demeurée intacte, ne doit pas être étrangère à la propagation de l'irritation d'un côté à l'autre.

Si, à l'aide de variations dans l'intensité du stimulus appliqué, nous avons pu rendre compte de celles que nous avons observées précédemment dans les mouvements réflexes des membres, il faut chercher une autre théorie pour expliquer certains mouvements involontaires beaucoup plus complexes qui ailleurs se produisent constamment, de préférence à d'autres, après l'excitation d'une partie déterminée.

L'idée de rechercher la cause du rapport existant entre telle irritation et tel mouvement réflexe, n'a point échappé à la sagacité de Rob. Whytt qui a écrit si bien sur les sympathies. Aussi, croyons-nous ne pouvoir mieux faire que de rappeler d'abord plusieurs des questions que s'adresse le physiologiste anglais, en vue du problème à résoudre. Whytt (1) se demande pourquoi

(1) *Les vapeurs et maladies nerveuses*, trad. franç. de LEBÈGUE DE PRESLE, t. I, p. 286 à 301. Paris, 1767.

l'irritation de la muqueuse nasale occasionne l'éternument plutôt que la toux, le hoquet ou le vomissement; pourquoi le premier de ces mouvements convulsifs n'accompagne pas les douleurs de dents, les impressions vives faites au visage, aussi bien que celles qu'on dirige sur la muqueuse du nez, la même paire nerveuse se distribuant à ces diverses parties; pourquoi encore une irritation violente du rectum ou de la vessie provoque une contraction continue du diaphragme et des muscles abdominaux, plutôt que des contractions alternatives ou intermittentes, comme il arrive dans la toux, le hoquet, etc.

Whytt, rejetant avec raison l'idée que le choix de pareils mouvements puisse résulter de la simple connexion des nerfs entre eux, le fait dépendre « d'une sensation particulière excitée dans les organes, et communiquée au cerveau ou *à la moelle de l'épine*, » organes qui, pour lui, sont la vraie et unique origine de ces mouvements. Puis, pour confirmer son opinion et prouver qu'en effet chaque mouvement sympathique est bien déterminé par la spécialité de l'excitation ou de la sensation, il cite les exemples suivants : la titillation du conduit auditif, à l'aide des barbes d'une plume, suffit souvent pour faire tousser; mais si ce conduit devient le siége d'une vive inflammation et de douleurs violentes, alors la toux sympathique n'a plus lieu. Le sperme, en irritant les nerfs sensitifs de l'urètre, occasionne la contraction saccadée et convulsive des muscles du périnée, tandis que ni le passage d'une sonde, ni les injections irritantes ne produisent le même effet. Il arrive souvent que tout le corps entre en convulsion, quand on chatouille les flancs ou la plante des pieds, et pourtant on n'observe ordinairement rien de semblable, quand ces mêmes parties sont ou enflammées ou blessées.

Ainsi, dans l'opinion de Whytt, la nature spéciale de l'excitation ou de la sensation, en dictant tel mouvement sympathique réflexe plutôt que tel autre, remplirait le même rôle que la volonté dans la détermination des mouvements volontaires.

Mais, dans les mouvements qui dépendent du pouvoir réflexe, comme dans ceux qui dépendent de la volonté, il existe une coordination remarquable des agents musculaires destinés à leur accomplissement; et même cette coordination, dans la plupart des mouvements réflexes, est telle que la volonté est inhabile à la faire disparaître. Aussi, d'après ses expériences, Flourens (1) a-t-il admis deux centres coordinateurs, l'un pour les mouvements volontaires (*cervelet*), l'autre pour les mouvements réflexes respiratoires (*bulbe rachidien*) et leurs dérivés, tels que l'éternument, la toux, le vomissement et les efforts qui accompagnent la parturition ou l'expulsion des urines et des fèces. De son côté, Debrou (2), frappé de l'insuffisance de la théorie de *l'action réflexe* pour expliquer toutes les conditions d'autres mouvements sympathiques, a proposé, en s'appuyant sur des considérations pleines d'intérêt, de reconnaître dans la moelle elle-même un ou plusieurs centres chargés de la coordination de ces mouvements, et semblables au centre déjà admis pour ceux de la respiration.

Les détails dans lesquels nous sommes entré précédemment ont pu déjà faire comprendre au lecteur toute l'importance du rôle que joue, dans l'accom-

(1) *Rech. expérim. sur les propr. et les fonct. du syst. nerv. dans les animaux vertébrés.* Deuxième édit., ch. X, § IV et suiv. Paris, 1842.

(2) *Mém. sur les mouv. invol. qui sont exécutés par des muscles de la vie animale*, 2e art. dans *Arch. gén. de méd.*, t. XV, 4e série, p. 222, année 1847.

plissement d'un grand nombre de phénomènes de la vie, l'aptitude de l'axe cérébro-spinal à produire des décharges motrices involontaires : plusieurs de ces détails trouveront leur complément dans l'étude des rapports du système nerveux avec les sympathies.

VI. DU SYSTÈME NERVEUX CONSIDÉRÉ DANS SES RAPPORTS AVEC LES PHÉNOMÈNES SYMPATHIQUES.

Il existe, entre les diverses parties du corps des animaux supérieurs, une solidarité qui fait qu'elles peuvent s'influencer mutuellement, se communiquer leurs impressions : de cette solidarité plus étroite entre certaines parties, souvent très distantes, qui s'impressionnent et réagissent les unes à l'occasion des autres, sans que les points intermédiaires soient nécessairement influencés, résultent des phénomènes nombreux que les physiologistes ont nommés *sympathiques*.

L'aptitude aux irradiations sympathiques a été autrefois regardée comme pouvant appartenir à plusieurs systèmes de l'organisme : aujourd'hui, on s'accorde assez généralement à la considérer comme étant exclusivement dévolue au système nerveux. Toutefois, il y a encore dissidence sur la question de savoir à quelle fraction de ce système est confié le rôle essentiel : c'est dans l'axe cérébro-spinal, suivant les uns, dans les ganglions ou encore dans les anastomoses nerveuses, suivant les autres, qu'il faut chercher la condition organique principale de l'exercice des sympathies.

Dans notre opinion, tout phénomène sympathique, qu'il résulte de l'excitation périphérique des nerfs de la vie animale ou de celle des nerfs de la vie végétative, qu'il se traduise par des actes sensitifs et moteurs ou par des actes nutritifs et sécrétoires, exige, pour s'accomplir, que cette excitation se propage à un centre nerveux apte à la réfléchir sur l'organe qui est le terme de l'irradiation sympathique.

I. Ceux qui prétendent expliquer les sympathies par les anastomoses des nerfs entre eux, quoique ces prétendues anastomoses consistent en un simple accolement de fibres et non en une fusion des unes dans les autres, supposent que l'excitation d'une fibre primitive peut se communiquer *directement* à d'autres, et, par celles-ci, aux différents organes qu'elles animent. Mais, nous le savons déjà, l'indépendance d'action des diverses fibres primitives d'un nerf est démontrée à la fois par les expériences et par la simple observation (1). Un même tronc nerveux pouvant réunir, pour le besoin des parties, des filets de sentiment, des filets de mouvement et peut-être d'autres encore en rapport avec les opérations chimiques de la vie, il est aisé de comprendre la confusion qui en résulterait dans les fonctions d'un pareil nerf, si les filets, dont il est l'assemblage, pouvaient s'influencer mutuellement. En effet, les anastomoses des nerfs étant supposées avoir le même usage, par rapport à la transmission du principe nerveux, que celles des vaisseaux eu égard aux liquides circulatoires, aucune action nerveuse locale et distincte ne pourrait s'accomplir, ni de l'encéphale aux parties périphériques, ni des parties périphériques à l'encé-

(1) Voir plus haut, p. 12 et 53.

phale. Et d'ailleurs, dans cette théorie, comment expliquer que tant de points de notre corps, qui reçoivent des rameaux d'un même tronc nerveux, ne sympathisent jamais, tandis qu'il existe, au contraire, une sympathie très marquée entre d'autres points dont les nerfs n'ont aucune communication les uns avec les autres? Pourquoi, aussi, dans les relations sympathiques entre deux organes, serait-ce toujours ou presque toujours le même duquel partirait l'irradiation, et pourquoi n'y aurait-il pas réciprocité d'influence?

II. Puisque le rôle qu'on avait voulu faire jouer ici aux anastomoses nerveuses ne saurait être admis, il nous faut examiner la valeur d'une autre hypothèse dont la vogue fut grande, surtout parmi les anatomistes du commencement de ce siècle, hypothèse dans laquelle le système ganglionnaire est considéré comme l'appareil organique spécial des sympathies. Mais, hâtons-nous de le dire, l'étude approfondie des phénomènes dus à l'irradiation des sensations, à l'association des mouvements et *au pouvoir réflexe* de l'axe cérébro-spinal, étude dont les résultats ont été consignés plus haut, a restreint de beaucoup le champ d'action du système ganglionnaire dans les sympathies, et en a placé le plus grand nombre en dehors de son domaine.

A l'appui de cette assertion, je crois utile de présenter l'analyse critique d'exemples que j'emprunterai à Tiedemann, à Fréd. Arnold, défenseurs ardents de l'hypothèse précédente, et de rendre à ces exemples, en passant, leur véritable interprétation.

Le stimulant qui influe sur les mouvements de l'iris, dans les circonstances ordinaires, est la lumière, et celle-ci n'agit sur l'iris que par l'intermédiaire de la rétine. Tiedemann (1) ayant observé, après Ribes (2), que l'artère centrale de la rétine et les artères ciliaires courtes, postérieures, sont accompagnées par quelques filets émanés du ganglion ophthalmique et destinés à cette membrane, pense que la lumière irrite les filets précédents, que l'irritation se propage immédiatement au ganglion ophthalmique et de celui-ci aux nerfs moteurs de l'iris, pour produire, selon son intensité, les mouvements d'où résulte le rétrécissement pupillaire.

La théorie de cette réaction sympathique est évidemment erronée. L'intervention ganglionnaire n'est qu'accessoire, et l'intervention encéphalique est, au contraire, indispensable : en effet, la contraction de la pupille a lieu par suite de la stimulation de la rétine, du nerf optique, de l'encéphale et de la réaction de ce dernier sur le nerf moteur de l'iris (troisième paire), puisque, d'une part, le tronc du moteur oculaire commun étant coupé, cette membrane cesse ses mouvements; puisque, de l'autre, l'irritation du bout cérébral du nerf optique divisé (3) détermine le resserrement de la pupille, et qu'enfin l'ablation des tubercules quadrijumeaux rend cette ouverture immobile.

Arnold (4) admet l'existence d'un filet nerveux qui, provenant du ganglion otique, et croisant le renflement gangliforme du coude du facial, passerait à travers l'orifice interne du canal de Fallope, s'anastomoserait avec le nerf acoustique et *se*

(1) Sur la part que le nerf grand sympathique prend aux fonctions des organes des sens, dans *Journ. complém. des sc. méd.*, t. XXIII, p. 33.

(2) *Recherches anat. et physiol.* sur quelques parties de l'œil, à l'occasion d'une plaie de tête, dans *Mém. de la soc. méd. d'émulation*, t. VII, p. 97.

(3) HERBERT MAYO, dans *Journ. de physiol. expérim.*, t. III, p. 349.

(4) *Mém. sur le ganglion otique*, dans *Répert. génér. d'anatom. et de physiol.* de BRESCHET, t. VIII, p. 1; 1829.

ramifierait avec lui dans le labyrinthe. Ce filet est assimilé par Arnold à celui qui, décrit par Tiedemann, et venu du ganglion ophthalmique, traverse le nerf optique et s'épanouit dans la rétine. Aussi, pour expliquer les mouvements automatiques qui se passent dans la caisse du tympan, et en particulier la contraction involontaire du muscle interne du marteau, Arnold propose-t-il une explication semblable à celle qui vient d'être examinée. Suivant lui, le filet venu du ganglion otique, et épanoui dans le labyrinthe, est irrité par les vibrations sonores; cette irritation se propage aussitôt à ce ganglion, et de celui-ci au filet nerveux qui anime le muscle interne du marteau, pour le faire contracter.

Une pareille interprétation, calquée sur celle de Tiedemann, n'est pas assurément plus admissible. D'ailleurs, la distribution du filet dont il s'agit est purement hypothétique aux yeux des autres anatomistes; aux nôtres, elle est toute différente. Aussi le rôle de ce filet, par rapport au ganglion otique, nous semble-t-il être tout autre que celui qu'Arnold suppose (1).

Tiedemann (2) fait encore observer qu'il existe une sympathie étroite entre les deux yeux, et il cite, entre autres preuves, les mouvements simultanés des iris, même quand la lumière impressionne seulement l'une des rétines, ainsi qu'on peut l'observer dans l'amaurose complète d'un œil par exemple. Dans ce cas, selon lui, les filets du ganglion ophthalmique qui se rendent, avec les artères, à la rétine de l'œil amaurotique, sont seuls paralysés, tandis que les filets moteurs iriens de ce dernier peuvent encore réagir par suite de l'excitation de l'œil sain, et, par conséquent, faire contracter l'iris du côté malade. Mais il se demande où est le centre organique propre à diriger ces mouvements associés des deux iris, et, rejetant l'opinion de Haller et de Zinn, qui le placent dans l'encéphale, celle de Wardrop qui le trouve dans le chiasma des nerfs optiques, celle de Troxler qui admet que, dans ces cas, l'excitation de l'un des yeux se propage à l'autre au moyen des filets nasaux de la branche ophthalmique, et par l'intermédiaire de la muqueuse nasale, rejetant, dis-je, ces diverses opinions, Tiedemann arrive à proposer l'hypothèse suivante : « Comme les mouvements de l'iris, dit-il, sont provoqués par les nerfs ciliaires, la sympathie qui existe entre les rétines des deux yeux ne peut non plus être entretenue que par une liaison entre les nerfs ciliaires de ces deux organes. L'hypophyse ou glande pituitaire est un corps qui établit une liaison entre les ramifications du nerf grand sympathique des deux yeux. Il résultait déjà des recherches de Fontana que des filets du grand sympathique remontent le long de l'artère cérébrale, et vont se jeter dans la glande pituitaire. Bock, Cloquet et Hirzel ont également trouvé des filets semblables qui, tant du rameau descendant du grand sympathique, que du ganglion carotidien, se rendaient à l'apophyse. L'union du ganglion ophthalmique, ou des nerfs ciliaires, avec le grand sympathique, dans le canal carotidien, est également démontrée. En conséquence, 'hypophyse se montre évidemment l'intermédiaire ou le lien entre les nerfs grands sympathiques des deux moitiés du corps, et, par suite aussi, entre les nerfs ciliaires des deux yeux. C'est donc par la glande pituitaire que les phénomènes sympathiques des deux yeux paraissent être entretenus. Ce corps, par son tissu solide, composé de fibres médullaires et d'une substance d'un gris rougeâtre, semblable à celle qu'on trouve dans les ganglions du grand sympathique, a beaucoup d'analogie avec un ganglion de ce nerf. »

(1) Voir mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. II, p. 117.
(2) *Mém. et rec. cit.*, t. XXIII, p. 112.

Dans ce qui précède, on ne saurait voir autre chose que les efforts d'un esprit prévenu en faveur d'une conception qui peut être ingénieuse, mais qui, assurément, ne repose sur aucune base solide. Au point de vue anatomique, fût-on en droit de soutenir l'assimilation de l'hypophyse à un ganglion du grand sympathique, qu'il ne serait point davantage permis, en présence des faits, d'assigner à cet organe le rôle proposé par Tiedemann. Déjà, j'ai eu occasion de rappeler l'expérience d'Herbert Mayo, dans laquelle, ayant coupé un nerf optique, il avait vu l'irritation du bout cérébral de ce nerf déterminer, dit-il, le resserrement de la pupille *du même côté*. Mes propres expériences m'ont révélé un autre résultat qui trouve ici son application ; c'est qu'à la stimulation de l'extrémité cérébrale d'un seul nerf optique préalablement divisé *dans le crâne*, succèdent des contractions, non pas seulement de l'iris correspondant, comme l'avait avancé Herbert Mayo, mais des deux iris à la fois, et que les mêmes effets s'observent quand on excite les tubercules bijumeaux d'un côté. Or, dans ces expériences, évidemment les nerfs ciliaires de la rétine, admis par Tiedemann comme point de départ de l'irradiation sympathique, n'ont pu être impressionnés, ni par conséquent provoquer l'intervention de l'hypophyse, et pourtant les deux iris ont réagi simultanément : aussi, n'hésitons-nous point à chercher, dans l'encéphale, la condition organique d'une pareille association de mouvements, et même à la placer dans les tubercules quadrijumeaux ou bijumeaux, qui, d'ailleurs, d'après de nombreuses expériences, constituent le véritable centre réflexe de l'effet centripète des nerfs optiques et des rétines sur les nerfs moteurs des iris. Ajoutons que, suivant l'hypothèse du physiologiste allemand, s'il était vrai que les mouvements sympathiques des iris ne dussent être entretenus que par une liaison entre les nerfs ciliaires au moyen de l'hypophyse, il serait permis de se demander pourquoi la section intra-crânienne des nerfs optiques paralyse instantanément ces sortes de mouvements, puisqu'alors les filets ciliaires rétinaux, qu'*on suppose excitables à la lumière*, les filets ciliaires iriens, le ganglion ophthalmique, centre d'action excito-motrice, et l'hypophyse, centre d'association, n'en constituent pas moins encore, dans toute son intégrité, la prétendue chaîne sympathique.

« La réaction sympathique la plus évidente de l'organe olfactif irrité, ajoute Tiedemann (1), est celle qu'il exerce sur les organes de la respiration, avec lesquels d'ailleurs le nez, comme canal où passe l'air, se trouve en connexion intime. Toutes les substances odorantes, âcres et volatiles, qui stimulent avec force la membrane muqueuse du nez, produisent une violente excitation des muscles de l'appareil respiratoire d'où résulte l'éternument. »

Ici encore, suivant Tiedemann et Arnold (2), l'impression, pour être suivie de ce mouvement convulsif, ne réclame que l'intervention du système ganglionnaire et de ses anastomoses avec les nerfs respiratoires. Ces auteurs admettent que l'irritation se transmet des nerfs sphéno-palatins internes et externes au ganglion sphéno-palatin, de celui-ci, par le rameau carotidien du nerf vidien, au ganglion cervical supérieur, qui réagit, à son tour, par ses anastomoses, sur les nerfs diaphragmatique, accessoire de Willis, pneumo-gastrique et facial. Enfin, chose singulière, pour prouver qu'il n'y a, dans l'éternument, aucune réaction de la part de l'encéphale

(1) *Mém. et rec. cit.*, t. XXIII, p. 120.
(2) *Mem. cit.*

sur les muscles de l'appareil respiratoire, Tiedemann rapporte, d'après Treviranus, l'exemple d'un jeune homme privé de l'odorat, depuis sa naissance, et qui néanmoins éternuait après avoir pris du tabac. Mais pourquoi l'éternument n'aurait-il pas eu lieu, puisque, malgré le défaut d'olfaction, les nerfs de sensibilité générale, fournis à la muqueuse nasale par le trijumeau, faisaient encore éprouver à cet homme une sensation de chatouillement suffisante pour le contraindre à éternuer? Aujourd'hui la plupart des physiologistes s'accordent, à juste titre, à regarder l'éternument comme un *phénomène réflexe* de l'axe cérébro-spinal. Afin de confirmer cette manière de voir, je rappellerai que le système des nerfs et des muscles respiratoires peut d'ailleurs, comme dans l'éternument, être mis en jeu pour accomplir d'autres phénomènes dans lesquels assurément le grand sympathique ne saurait être considéré comme appareil central de la réaction. Les irritations locales de presque toutes les membranes muqueuses, comme nous l'avons déjà fait observer (1), peuvent provoquer l'action des nerfs et des muscles indiqués : c'est ainsi que la toux, le vomissement, le hoquet et les efforts qui accompagnent la parturition ou l'excrétion des urines et des fèces, résultent de stimulations portant sur les muqueuses respiratoire, digestive, génito-urinaire, et propagées au foyer incitateur des mouvements respiratoires (*bulbe rachidien*) par des filets sensitifs appartenant, soit à des nerfs céphalo-rachidiens, soit au grand sympathique lui-même, qui joue ici, comme les autres nerfs, le simple rôle de conducteur.

Maintenant il importe, sans multiplier davantage les exemples, de revenir sur une question qui domine la théorie dans laquelle le système ganglionnaire est regardé comme l'appareil organique spécial des sympathies. J'ai dit plus haut que tout phénomène sympathique, qu'il eût son point de départ dans l'excitation périphérique des nerfs de la vie animale ou dans celle des nerfs de la vie végétative, exigeait, pour s'accomplir, que cette excitation se propageât à un centre nerveux irradiateur, apte à la réfléchir sur l'organe qui est le terme de la sympathie. Or, est-on autorisé à accorder une pareille aptitude aux ganglions nerveux? Cette question me paraît multiple : en effet, les relations sympathiques établies entre organes, se traduisant tantôt par des manifestations de sensibilité ou de mouvement, tantôt par des actes nutritifs, les ganglions pourraient réagir, comme organes centraux et sans le concours de l'axe cérébro-spinal, dans tel ordre de manifestations et non dans tel autre.

Et d'abord, rappelons que, même pour se rendre compte de l'irradiation des impressions, quelques auteurs ont cru pouvoir invoquer l'intervention du système ganglionnaire. Dans cette doctrine, d'ailleurs dénuée de preuves, les ganglions du grand sympathique et ceux des nerfs sensitifs étant assimilés à des demi-conducteurs, on a supposé que les irritations faibles ne sauraient se transmettre de la fibre impressionnée aux autres fibres qui traversent la substance ganglionnaire, tandis que cette substance, devenue conductrice sous l'influence d'excitations vives, permettrait à celles-ci de se propager aux fibres voisines, d'où des impressions multiples. Mais, comme on l'a vu déjà, la cause d'un pareil phénomène réside exclusivement dans l'encéphale. C'est en lui seul que s'opère la dispersion de toute impression agissant sur une fibre périphérique, et c'est par suite de cette dispersion

(1) P. 112.

qu'il perçoit plusieurs sensations, qui sont rapportées par nous aux divers points de la surface du corps, correspondants aux fibres cérébrales excitées sympathiquement : car il ne faut pas perdre de vue qu'il paraît être indifférent, pour une sensation, que les fibres nerveuses soient affectées à leur extrémité périphérique, dans leur milieu ou à leur extrémité centrale, puisque, dans tous ces cas, la sensation reste la même, et qu'elle est toujours rapportée aux parties extérieures dans lesquelles les fibres vont se distribuer.

Quant à certains mouvements associés qui s'exécutent irrésistiblement avec le concours de muscles nombreux, et qu'on a appelés *sympathiques*, dans la croyance que le nerf grand sympathique n'était pas étranger à leur production, il est encore expérimentalement démontré qu'ils ne peuvent s'expliquer que par une communication établie, dans l'axe cérébro-spinal, entre les nerfs des différents muscles, et que c'est bien là réellement le siége exclusif de leur principe incitateur et coordinateur.

Ces faits n'empêchent point de se demander si, quand une excitation est transmise aux ganglions sympathiques par leurs filets sensitifs, elle peut ou non, *en se réfléchissant* sur leurs filets moteurs, donner lieu à des mouvements sans le concours de l'axe cérébro-spinal. Cette question nous a déjà occupés : elle a été résolue négativement par les expériences de Volkmann et par les nôtres, auxquelles nous renvoyons le lecteur (p. 110).

Mais il n'en résulte pas nécessairement que, dans les sympathies qui se traduisent par des actes nutritifs et sécrétoires, le système ganglionnaire ne puisse agir comme organe central. On sait que l'existence de fibres nerveuses spéciales, dites *organiques*, *grises*, *végétatives*, etc., a été récemment démontrée dans les nerfs cérébro-rachidiens et dans le nerf grand sympathique; que ces fibres naissent surtout des corpuscules ganglionnaires appartenant soit aux ganglions sympathiques, soit aux ganglions qu'on rencontre sur le trajet de certains nerfs sensitifs de la vie animale. On sait encore qu'elles ont paru à certains anatomistes être spécialement destinées au système vasculaire, d'où le rôle qu'on leur a assigné dans les sécrétions, la nutrition et les opérations chimiques de la vie. Or, si les fibres précédentes, comme l'a établi l'observation directe, s'allient en grand nombre aux nerfs sensitifs céphalo-rachidiens (comme le trijumeau, les racines postérieures, etc.), il existe aussi entre les unes et les autres un *consensus* remarquable que pouvait déjà faire soupçonner leur association anatomique, et que démontrent de nombreux exemples : mais ces exemples ne sauraient faire admettre une action *directe* des nerfs sensitifs sur les vaisseaux qui apportent les matériaux de la nutrition et des sécrétions, puisque la faculté conductrice de ces nerfs paraît s'exercer uniquement dans une direction centripète, et que les actes auxquels je fais allusion nécessitent, au contraire, une influence centrifuge. On est donc ainsi amené à supposer que cette influence appartiendrait aux fibres végétatives associées aux nerfs de sensibilité; que la fonction des unes se trouverait liée à l'intégrité des autres; et, par conséquent, à admettre comme probable une sorte de *réflexion* de l'état des nerfs sensitifs sur les nerfs gris ou vasculaires, réflexion qui s'accomplirait, du moins en partie, dans l'intérieur des ganglions sympathiques et intervertébraux, puisque ces nerfs gris en tirent leur principale origine.

Mais, dût-on accepter, comme aussi réelle qu'elle est hypothétique, cette dernière intervention de l'appareil nerveux ganglionnaire dans les relations des fibres organiques avec les fibres sensitives cérébro-spinales, que le plus grand nombre

des sympathies, comme nous l'avons avancé, n'en resterait pas moins en dehors de son domaine.

III. Dès qu'on eut reconnu, dans l'axe céphalo-rachidien, une aptitude spéciale à produire des mouvements involontaires dits *réflexes*, à la suite d'impressions perçues ou non perçues par la conscience ; dès que son rôle, dans l'irradiation des sensations et dans l'association des mouvements, fut déterminé, et que son influence sur les actes nutritifs eux-mêmes fut mise hors de doute, la doctrine des sympathies prit une autre direction. Ce que plusieurs physiologistes avaient déjà soupçonné depuis longtemps parut dès lors démontré, c'est-à-dire que tout *consensus* a lieu par l'entremise de l'encéphale ou de la moelle épinière, et qu'il cesse quand ces organes centraux viennent à être détruits ou quand les nerfs ne communiquent plus avec eux. Hâtons-nous de le reconnaître, cette manière de voir s'accorde avec les lois de la dynamique nerveuse que nous connaissons aujourd'hui, lois qui se fondent à la fois sur l'expérimentation et sur une connaissance plus exacte de la structure intime du système nerveux. Ainsi, l'organe qui est le point de départ de la sympathie éprouve une impression ; celle-ci se transmet soit à l'encéphale soit à la moelle, qui la réfléchissent sur un autre organe ou sur un groupe d'organes, et parfois même sur toute l'économie.

Mais il ne suffit pas d'avoir tracé, pour ainsi dire, la marche générale du phénomène, il faut encore rechercher la condition organique spéciale de son existence, et les circonstances qui déterminent ses variations.

On se rappelle que, dans les cordons nerveux simples ou composés, la stimulation d'une fibre primitive ne peut jamais se communiquer à d'autres, tandis que le contraire a lieu pour les fibres qui entrent dans la composition de l'axe cérébro-spinal. Or, comment expliquer une pareille différence de propriété ? Est-ce en supposant que la gaîne épaisse des unes jouit d'un pouvoir isolant qui serait refusé à la gaîne trop mince des autres ? Mais l'observation microscopique a démontré que certaines fibres nerveuses élémentaires, celles des nerfs de sensations spéciales par exemple, sont pourvues de gaînes tout aussi minces que celles des fibres de l'encéphale ou de la moelle, puisque les unes et les autres deviennent également variqueuses sous l'influence de la compression la plus légère. Le *consensus* existant entre les fibres de l'axe cérébro-spinal, *consensus* indispensable à la production des phénomènes sympathiques, ne dépend-il pas plutôt de la substance grise qu'on s'accorde assez généralement à considérer comme le *substratum* de toute activité nerveuse ? Ici je prévois une objection : S'il en est ainsi, dira-t-on, pourquoi, dans les ganglions eux-mêmes, la substance grise, qui ne semble pas se différencier, à l'examen microscopique, de celle de l'axe cérébro-spinal, ne jouirait-elle pas de la même faculté relativement aux fibres sensitives et motrices qui la traversent ? A cela, on peut répondre que, malgré l'uniformité de sa structure, la substance grise n'est pas moins apte à remplir les fonctions les plus différentes, puisque, dans l'encéphale, elle représenterait le foyer incitateur des mouvements volontaires et le centre élaborateur des sensations, et que personne, assurément, ne voudrait soutenir, contre toutes les données de l'expérience, qu'elle remplit le même rôle dans les ganglions. En reconnaissant les ganglions sympathiques et intervertébraux comme la source principale d'une classe particulière de fibres, il nous a été permis, par conséquent, de supposer à la substance grise un usage différent de celui

que nous avons une tendance à lui accorder par rapport aux fibres cérébro-spinales. Ajoutons que plusieurs phénomènes d'irradiation, déjà signalés, ne peuvent évidemment s'expliquer que par le concours de cette dernière substance; tel est, par exemple, le cas dans lequel, après décapitation, on voit l'irritation des nerfs sensitifs d'un côté du corps se propager aux nerfs moteurs du côté opposé, quand les deux moitiés latérales de la moelle restent unies, dans un point quelconque, seulement par une lame étroite de substance grise.

L'observation démontre que l'excitation de rameaux nerveux déterminés peut, en certaines circonstances, retentir immédiatement sur d'autres rameaux également déterminés, avec une telle constance que, de tout temps, on a cru à une cause organique pour se rendre compte d'une pareille harmonie d'action. Or, le cours particulier des fibres primitives a paru devoir exercer ici une grande influence, et l'on a admis que, dans l'encéphale ou la moelle, celles-là doivent ordinairement se communiquer leur excitation et devenir solidaires les unes des autres, qui sont les plus voisines. Mais il faut aussi tenir grand compte de la nature spéciale de l'irritation ou de la sensation, et, à ce propos, je crois devoir rappeler, avec Rob. Whytt, les exemples suivants : la titillation du conduit auditif, à l'aide des barbes d'une plume, suffit souvent pour provoquer la toux; mais si ce conduit devient le siége d'une vive inflammation et de douleurs violentes, alors la toux sympathique n'a plus lieu; le sperme, en excitant les nerfs sensitifs de l'urètre, occasionne la contraction saccadée et convulsive des muscles du périnée, tandis que ni le passage d'une sonde, ni les injections irritantes ne produisent le même effet; il arrive souvent que tout le corps entre en convulsion, quand on chatouille les flancs ou la plante des pieds, et pourtant on n'observe ordinairement rien de semblable quand ces mêmes parties sont ou enflammées ou blessées, etc. Ainsi, sans vouloir nier que le *consensus* entre certaines parties annonce que leurs fibres nerveuses sont rapprochées dans l'encéphale ou dans la moelle, nous ne saurions admettre que tout rapport sympathique entre organes ne dérive que de ce rapprochement.

L'accroissement de l'excitabilité des nerfs ou des centres nerveux, soit par des agents chimiques, soit par différents états morbides, a également une influence qu'il importe de signaler. Sous l'empire de simples excitants physiologiques, on voit alors se produire des effets sympathiques qui n'ont jamais lieu avec le degré d'excitabilité normale. C'est ainsi, par exemple, que le moindre attouchement de la peau, dans une région quelconque du corps, chez un animal empoisonné par l'azotate de strychnine, occasionne des mouvements convulsifs généraux, souvent précédés d'un cri qui semble annoncer l'irradiation de sensations douloureuses. Certaines femmes hystériques accusent des douleurs assez vives le long du rachis, douleurs qui parfois offrent ceci de particulier que la pression exercée sur les apophyses épineuses cervicales fait naître la sensation d'un corps étranger arrêté dans la gorge, tandis que la même pression sur la région dorsale provoque un serrement pénible vers l'épigastre : or, une pareille association de sensations, ne pouvant tenir à ce que les parties ont contracté de nouveaux rapports nerveux avec les organes centraux, semble dépendre de la plus grande excitabilité de ces derniers; car, s'il en était autrement, les mêmes effets devraient s'observer à l'état normal, et l'on ne saurait comprendre ces sensations morbides succédant à un acte physiologique comme l'exercice du toucher. C'est par l'exagération de l'excitabilité des nerfs que s'expliquent encore les effets sympathiques anormaux dont le point de départ se trouve dans certaines membranes enflammées, pourtant soumises à leurs excitants habi-

tuels : dans l'ophthalmie intense, la pupille se resserre ; dans la bronchite, l'impression d'un air froid provoque la toux ; dans la gastrite, les aliments ne sont plus supportés, il y a vomissement, etc.

Après avoir reconnu que le système nerveux est l'agent unique des sympathies, que celles-ci s'établissent par l'intermédiaire de l'encéphale ou de la moelle, à certaines conditions dont nous avons essayé de déterminer les plus importantes, il reste à mentionner quelques uns des rapports sympathiques de l'économie. L'énumération suivante, dans laquelle nous nous abstiendrons, à dessein, d'accorder à la distinction de la sympathie et de la synergie l'importance qu'on a voulu lui donner, suffira pour démontrer que, si l'idée de sympathie n'exclut pas constamment celle d'un enchaînement naturel de fonctions, il est pourtant juste de reconnaître que le nombre des sympathies physiologiques est bien restreint par rapport à celui des sympathies pathologiques. Du reste, nous sommes prêt à reconnaître que les unes et les autres reposent sur les mêmes lois, que leur mécanisme est au fond le même, et que leurs conditions de production seules sont différentes. Ajoutons qu'elles ont pour caractère commun de se produire irrésistiblement, fatalement, c'est-à-dire de ne pouvoir être dominées par la volonté, ce qui explique peut-être pour quoi tant d'auteurs ont voulu les placer sous la dépendance du système nerveux ganglionnaire.

1° On sait que certaines sensations, ayant leur point de départ dans une région très limitée du corps, peuvent provoquer une irradiation sensitive fort étendue, telle que celle qu'on observe, par exemple, à la suite du chatouillement de la plante des pieds ou de la stimulation des parties génitales externes. L'extension, à la face entière, de la douleur due à une dent cariée ; l'irradiation douloureuse dans certains névromes ; la propagation de la douleur d'un doigt affecté de panaris aux autres doigts, à la main, au membre thoracique tout entier, quoique ces dernières parties ne soient elles-mêmes le siége d'aucun symptôme inflammatoire appréciable ; la pression pénible que certaines personnes éprouvent aux tempes en avalant des substances glacées ; l'agacement dentaire que d'autres ressentent en entendant le cri de la scie ou le grincement du verre qu'on divise avec le diamant ; le prurit des fosses nasales par suite de l'impression d'une lumière trop vive sur l'œil ; les sensations accessoires qui succèdent à la brûlure et s'étendent bien au delà du point lésé ; la démangeaison du nez, coïncidant avec l'impression déterminée par les vers à la surface du tube digestif ; le prurit du gland qui coexiste avec l'irritation de la muqueuse de la vessie par un calcul ; les douleurs concomitantes du foie et de l'épaule droite ; la douleur sympathique du genou dans la coxalgie ; les douleurs testiculaires ou utérines qui se font également sentir aux lombes ; la sensation voluptueuse qui retentit à la fois au mamelon et au clitoris, après le chatouillement du premier, etc., sont autant d'effets sympathiques normaux ou anormaux qui se rattachent à la loi d'association des sensations, et dont la cause, comme on l'a vu, semble résider exclusivement dans l'axe cérébro-spinal.

2° Il est d'autres relations sympathiques qui, se traduisant à la fois par des manifestations de sensibilité et de mouvement, peuvent rentrer dans la loi du pouvoir

réflexe de l'axe cérébro-spinal, telle qu'elle a été interprétée par divers physiologistes : comme les précédentes, ces relations s'établissent, pour ainsi dire, fatalement et sans que la volonté puisse les rompre. Nous citerons, comme phénomènes sympathiques appartenant à cette catégorie, la toux, quand la muqueuse respiratoire est vivement stimulée par une cause quelconque; l'éternument, après une forte excitation de la membrane pituitaire; le vomissement provoqué par l'attouchement de la luette, ou par tant d'autres causes; les spasmes et le tremblement qui s'emparent d'un membre après une brûlure, après l'application d'un moxa; la contraction convulsive des muscles du périnée, lorsque, dans le coït, l'excitation voluptueuse des nerfs du pénis a atteint un certain degré; le tétanos qui succède à la lésion d'un nerf cérébro-rachidien; les convulsions dues à l'odontalgie, à l'évulsion d'une dent, à la présence d'un névrome; celles qu'on observe si souvent, chez les enfants, dans les irritations du canal intestinal; l'éclampsie qui parfois suit de près les premières douleurs de l'accouchement; les battements de cœur suscités par une sensation vive et douloureuse à la peau; les mouvements des deux ouvertures pupillaires qui ont lieu quand bien même la lumière impressionne un seul nerf optique; la contraction des vésicules séminales qui succède à l'excitation de la verge; les convulsions de la face dans certaines névralgies du nerf trijumeau; les grimaces pendant le sommeil des enfants qui souffrent de la dentition ou des vers; l'occlusion des paupières, quand un bruit inattendu frappe nos oreilles, etc., etc.

3° Quant à certains mouvements associés qui s'exécutent irrésistiblement par le concours de muscles plus ou moins nombreux, on connaît déjà les arguments qui ont fait placer, dans l'axe cérébro-spinal, le siége de leur principe incitateur et coordinateur. Comme la plupart sont d'ailleurs indispensables au libre exercice de certaines fonctions, les partisans de la distinction de la sympathie et de la synergie ont coutume de les rapporter à cette dernière. Quoi qu'il en soit, nous en rappellerons ici quelques uns, comme exemples d'irradiation motrice à opposer à ceux d'irradiation sensitive et sensitivo-motrice qui viennent d'être mentionnés.

Un exemple remarquable de sympathie synergique existe entre l'iris et certains muscles du globe oculaire : nous ne saurions tourner l'œil en dedans, au moyen du droit interne, ou en dedans et en haut, par l'action de l'oblique inférieur, sans que l'ouverture pupillaire se rétrécisse; ce qui démontre que, la volonté se dirigeant sur le nerf moteur oculaire commun et notamment sur celles de ses fibres primitives destinées aux muscles droit interne et oblique inférieur, une partie du principe nerveux influence nécessairement aussi les fibres du même nerf qui constituent la racine courte ou motrice du ganglion ophthalmique. On ne peut empêcher volontairement l'action simultanée des muscles droits supérieurs ou des muscles droits inférieurs des yeux, pas plus que celle des muscles droit externe d'un œil et droit interne de l'autre œil. Nous ne pouvons pas davantage faire agir isolément, d'un seul côté, les muscles intercostaux internes et externes, les muscles qui abaissent ou élèvent l'os hyoïde, ceux du larynx, du bas-ventre, du périnée, etc. Les nerfs et les muscles des membres droit et gauche, quoique n'étant pas aussi invinciblement associés dans leur action, ne sont pourtant pas tout à fait indépendants; car on sait quelle grande difficulté on éprouve à exécuter, soit avec les bras, soit avec les jambes, des mouvements rotatoires opposés autour d'un axe transversal commun, tandis que les mouvements similaires s'exécutent très facilement avec deux mem-

bres à la fois. Mais, par exemple, nous sommes tout à fait inhabiles, par notre volonté, à déranger l'association et la coordination des muscles si nombreux qui, sans relation directe apparente, concourent à la production de certains mouvements dérivés de ceux de la respiration, comme le vomissement, l'éternument, la toux et les efforts qui accompagnent la parturition ou l'expulsion des urines et des fèces : c'est là, en effet, un groupe de mouvements qui s'accomplissent fatalement et toujours de la même manière, qui ne dépendent ni de l'exercice ni de l'habitude, et qui, par conséquent, résultent d'une cause organique dominatrice ayant son siége exclusif dans les centres nerveux.

4° Le *consensus*, entre les fibres sensitives cérébro-spinales et les fibres grises ou organiques qu'on suppose destinées au système vasculaire, ne saurait être révoqué en doute. Le mamelon s'érige quand on excite légèrement ses nerfs sensitifs ; il en est de même de la verge. La peau de la face rougit, et ses artères plus rénitentes semblent battre plus fortement dans les névralgies de la cinquième paire, comme cela s'observe d'ailleurs dans d'autres parties enflammées et douloureuses, tandis que le pouls, à la suite de la perte du sentiment, finit quelquefois par n'être plus perceptible dans certaines régions du corps où il était d'abord très prononcé. La congestion sanguine ou l'augmentation de la sécrétion peut aussi ne pas avoir lieu dans le point directement excité, mais se manifester loin de celui-ci, par exemple dans la glande lacrymale après l'irritation de la pituitaire, dans les glandes salivaires après celle de la muqueuse de la bouche ou même de l'estomac, dans la prostate après les attouchements du pénis. Faisons remarquer ici, en passant, que la condition organique de pareilles sympathies ne doit pas être rapportée, comme on l'a fait trop souvent, à la continuité des membranes, mais bien au système nerveux lui-même : combien de fois, par exemple, malgré la complète interruption du conduit parotidien, n'a-t-on pas vu la sécrétion de la parotide continuer sous l'influence d'aliments mis dans la bouche ? La véritable difficulté consiste à déterminer la portion du système nerveux au moyen de laquelle s'opère la relation sympathique entre les fibres sensitives et les fibres organiques. Nous avons déjà exposé les arguments qui nous ont fait supposer que les ganglions sympathiques et intervertébraux pourraient bien n'être pas étrangers à cette relation, qui, d'ailleurs, réclamerait aussi le concours des organes centraux, au moins comme source de la sensibilité des parties.

Les faits suivants seraient-ils de nature à faire croire à un concours plus important et plus direct de la part de ces derniers organes ? Certaines émotions de l'âme arrêtent momentanément la transpiration cutanée ou provoquent une sueur abondante ; la sécrétion de la salive augmente dans la colère, diminue dans la frayeur ; la peur occasionne la diarrhée et suspend la menstruation ; le chagrin et la joie font couler les larmes ; le seul souvenir d'un aliment agréable peut faire affluer la salive dans la bouche ; les idées qui ont trait au rapprochement des sexes éveillent des sensations particulières au périnée, produisent l'érection et une congestion dans les glandes des organes génitaux ; les pensées qui surgissent, chez la nourrice, à la vue de son nourrisson, excitent les conduits excréteurs des glandes mammaires à expulser leur contenu ; par suite d'affections morales vives, le lait acquiert parfois des qualités nuisibles, etc. Dans notre opinion, tous ces faits ne sauraient jusqu'à présent démontrer une action immédiate, de la part de l'encéphale, sur

les nerfs gris ou vasculaires, et il se pourrait que ceux-ci ne fussent influencés que médiatement à l'aide des nerfs sensitifs qui, au contraire, subiraient une influence tout à fait directe.

En terminant l'étude des rapports du système nerveux avec les phénomènes sympathiques, je ne dirai que quelques mots sur l'*antagonisme* considéré dans les fonctions de ce système, attendu qu'il me semble impossible d'en préciser la théorie.

Une excitation portant sur une portion du système nerveux, loin de déterminer dans une autre une excitation correspondante, peut parfois en diminuer ou même en suspendre l'énergie. Par suite de cet antagonisme dans l'action nerveuse, les muscles fléchisseurs se relâchent pendant que les extenseurs se contractent; le resserrement du sphincter de l'anus coïncide avec le relâchement du sphincter de la vessie; durant le travail de la digestion, le cerveau est dans l'inertie; pendant une violente contention d'esprit, les sens externes sont, pour ainsi dire, fermés au monde extérieur; une abondante transpiration cutanée diminue ou même suspend la sécrétion urinaire, etc. Assurément, on conçoit bien de pareils phénomènes en n'envisageant, dans ces exemples, que le but fonctionnel: mais ce qui nous échappe, c'est la condition organique du système nerveux de laquelle dépendent les relations antagonistes; ce sont aussi les conditions qui font que, dans d'autres cas, les mêmes nerfs se trouvent dans un rapport tantôt de sympathie et tantôt d'antagonisme.

VII. DE LA FORCE NERVEUSE.

Pour expliquer, chez l'homme et les animaux, les phénomènes de la vie physique, la plupart des auteurs s'accordent à admettre, dans le système nerveux, la présence d'un agent impondérable désigné sous les noms divers de *principe*, *agent ou fluide nerveux*, *force nerveuse*, *principe actif des nerfs*, etc. Mais ils diffèrent de sentiment quand il s'agit de comparer ce principe à l'un des fluides impondérables déjà connus.

Pour les uns, le fluide nerveux est *identique* avec le fluide électrique; pour les autres, il lui est seulement *analogue*, et n'en est peut-être, comme le fluide magnétique, qu'une simple modification; pour ceux-là, enfin, la force nerveuse est une force *sui generis*.

La première opinion, qui aurait l'avantage de rattacher les uns aux autres les principaux agents modificateurs de la matière, de n'en faire qu'une série, d'en réduire l'étude presque à une seule science, et qui, depuis Galvani, a compté de si nombreux partisans, s'appuie-t-elle sur des faits bien observés ou sur de trompeuses analogies? Durant la vie, les appareils nerveux centraux sont-ils réellement le siége d'un développement d'électricité libre, et les fluides séparés circulent-ils dans les cordons nerveux? Les conclusions auxquelles nous ont amenés nos propres recherches, celles qui résultent de travaux antérieurs aux nôtres, et que nous devrons faire connaître, ne semblent guère favorables à cette opinion, d'ailleurs si séduisante.

Dans des expériences antérieures, n'ayant jamais pu constater, à l'aide du galvanomètre, l'existence de courants électriques dans l'encéphale, la moelle épinière, ou dans les nerfs du chien, du lapin et de la grenouille, nous avons voulu, Matteucci et moi (1), tenter un nouvel essai sur un animal d'une grande stature (*cheval*), espérant ainsi nous placer dans les conditions les plus favorables à ce genre de recherches.

Le galvanomètre duquel nous avons fait usage dans ces nouvelles expériences, construit par Rumkorff, était d'une extrême sensibilité : le fil conducteur, décrivant deux mille cinq cents tours, était muni à chacune de ses extrémités d'une lame de platine, fixée sur un manche d'ivoire, et vernie de manière à ne laisser découvert qu'un centimètre carré de sa surface. L'aiguille faisait une oscillation en soixante-dix secondes.

Avant leur application aux parties nerveuses, les deux lames de platine furent immergées dans l'eau de fontaine, pendant fort longtemps, et jusqu'à ce que les signes de courant, qui s'observent ordinairement lors des premières immersions, eussent complétement disparu (2).

Alors, le cheval ayant été renversé vivant sur une table, son nerf sciatique fut isolé des muscles voisins (à l'aide de taffetas verni), dans une longueur de 20 à 30 centimètres, essuyé avec soin, et laissé en communication avec l'axe cérébro-spinal. Puis, après s'être encore assuré que l'aiguille restait constamment à zéro, quoiqu'on retirât de l'eau et replongeât alternativement dans ce liquide l'une ou l'autre lame de platine, on mit ces lames en contact avec la surface du sciatique, et, après l'ablation du névrilème, avec différents points de l'épaisseur de ce nerf si volumineux.

L'intervalle de dérivation, c'est-à-dire la distance comprise entre les deux lames, étant d'abord de 3 à 4 centimètres, tantôt l'aiguille se maintint à zéro, tantôt elle dévia de quelques degrés pour revenir bientôt à zéro. Cet intervalle ayant été brusquement porté jusqu'à 15 et 20 centimètres, la déviation aurait dû être notablement augmentée dans le même sens, si des courants électriques existaient dans les nerfs. Il n'en fut rien : ou bien l'aiguille ne dévia pas d'un plus grand nombre de degrés que dans le cas précédent, et encore sa déviation ne fut-elle que momentanée, ou bien celle-ci manqua entièrement.

Il importe de rappeler que, pendant la durée de ces expériences, par suite de la douleur que volontairement on excitait chez l'animal, son train postérieur était

(1) *Mémoire sur la relation qui existe entre le sens du courant électrique et les contractions musculaires dues à ce courant*, par Matteucci et Longet; dans *Ann. méd.-psychol.*, nov. 1844, et *Ann. de chimie et de physique*, même année.

(2) Quand on se propose de rechercher, à l'aide du galvanomètre, si des courants électriques existent dans les nerfs, il ne faut pas appliquer les extrémités du fil de l'instrument à la fois aux nerfs et aux muscles, c'est-à-dire à deux substances hétérogènes communiquant directement entre elles; car, en fermant le circuit au moyen du fil du galvanomètre, celui-ci décélerait, dans une pareille expérience, non point l'électricité qu'on suppose exister dans les nerfs, mais celle qui aurait été produite au contact de ces tissus différents. Il faut donc appliquer le fil conducteur seulement à un nerf en communication avec l'axe cérébro-spinal, et observer l'aiguille pendant les contractions musculaires. Sa déviation ayant lieu, on serait autorisé à regarder l'agent incitateur transmis aux muscles par le nerf, comme de nature électrique, si, en renversant le courant, c'est-à-dire en le faisant passer dans le fil du galvanomètre en sens opposé à celui qu'il avait suivi d'abord, on obtenait aussi une déviation de l'aiguille opposée à la première. On sait, en effet, qu'un courant électrique, étant supposé partir du pôle positif pour se rendre au pôle négatif d'une pile, fait tourner l'aiguille aimantée de manière à la mettre en croix avec lui, le pôle austral à gauche ; par conséquent le sens de la déviation de l'aiguille d'un galvanomètre indique celui du courant qui circule dans le fil : en renversant ce courant, on renverse aussi la direction de l'aiguille.

le siége d'efforts énergiques et répétés, et que, par conséquent, les extrémités du galvanomètre ont été mises en rapport avec le nerf sciatique, au moment même où il transmettait l'influence excitatrice aux muscles de la cuisse et de la jambe.

Si, en variant nos essais, nous avons vu quelquefois survenir une légère déviation de l'aiguille, il est important de noter que cette déviation n'a pas changé de sens, quoiqu'on intervertît les contacts; que, d'ailleurs, elle a lieu toutes les fois que le nerf n'est pas touché simultanément par les deux lames du galvanomètre, et qu'au moment où l'on plonge ces lames successivement dans l'eau, on constate aussi des déviations qui ne diffèrent pas de celles qu'on observe en implantant les extrémités de l'instrument dans le nerf lui-même.

Ainsi, malgré l'extrême sensibilité de notre galvanomètre et les conditions si favorables de l'expérience, jamais nous n'avons pu obtenir des signes distincts de courant dérivé marchant dans une direction définie et constante.

A l'aide du galvanomètre, Matteucci (1) avait déjà constaté ces mêmes résultats négatifs, chez la torpille vivante, en expérimentant sur les nerfs qui se distribuent à son appareil électrique. Dans cet animal, dont l'exemple est si souvent invoqué par les électro-nervistes, pas plus que dans les autres animaux, le système nerveux ne semble donc ni générer ni conduire aucun courant appréciable, quoique, comme on le verra plus loin, son influence immédiate soit indispensable à la production de l'électricité dans l'appareil électrique lui-même.

Avant nous, Prévost et Dumas, Person, David, etc., avaient fait connaître les résultats de recherches multipliées qu'ils avaient entreprises dans le but de vérifier l'hypothèse des courants électriques dans le système nerveux.

Pour intercepter le courant dont ils supposaient l'existence, Prévost et Dumas (2), ayant choisi les pneumo-gastriques d'un animal sain, et les plexus sciatiques d'un autre animal frappé de tétanos, mirent les extrémités d'un galvanomètre en rapport avec les cordons nerveux au moment où ils transmettaient aux fibres musculaires l'influence irritante. Mais, soit que ces extrémités eussent été appliquées à diverses parties des nerfs intacts, soit qu'elles eussent été fixées aux bouts supérieur et inférieur du nerf divisé, l'action électro-motrice fut toujours inappréciable : même insuccès, en agissant sur les diverses portions de la moelle ou du cerveau.

« Sur de jeunes chats, dit Person (3), sur des chiens et des lapins, j'ai mis les pôles du galvanomètre en communication avec les parties antérieure et postérieure de la moelle ; j'ai fait pénétrer les fils de l'instrument dans différents points de l'épaisseur de plusieurs nerfs volumineux, espérant les mettre ainsi en rapport avec des courants dirigés en sens inverse ; j'ai répété ces expériences après avoir injecté dans l'abdomen de la teinture de noix vomique, afin de pouvoir exciter à volonté la contraction musculaire. Des essais analogues ont été faits sur des anguilles et des grenouilles, qui vivent longtemps sous l'influence de la strychnine. Jamais je n'ai aperçu un indice certain d'électricité. Cependant je me suis servi de plusieurs galvanomètres d'une sensibilité extrême. »

Pour prouver combien il faut se défier des circonstances accidentelles dans ces sortes de recherches, Person rapporte qu'ayant mis une goutte d'eau sur du zinc,

(1) *Traité des phénomènes électro-physiol. des animaux*, p. 150. Paris, 1844.

(2) *Mémoire sur les phénomènes qui accompagnent la contraction de la fibre musculaire*, dans *Journal de physiol. expériment.*, t. III, p. 328. 1823.

(3) *Sur l'hypothèse des courants électriques dans les nerfs*, dans *Journ. de physiol. expérimentale*, t. X, p. 216. 1830.

afin de reconnaître si le galvanomètre fonctionnait bien, il toucha l'eau d'une part, le métal de l'autre, et que l'instrument accusa, par une grande déviation de l'aiguille, le courant qui a lieu dans ce cas; puis il ajoute que, cette épreuve étant faite, il procéda à une expérience sur l'animal vivant. La colonne vertébrale d'un jeune chien fut coupée, sans intéresser l'aorte, et au moment où les fils de platine furent mis en contact avec la moelle, il y eut une déviation de trente à quarante degrés; mais cette déviation ne changeant pas de sens, quoiqu'on intervertît les contacts, on soupçonna une action chimique à l'un des fils. En effet, en les plongeant dans du sang ou dans de l'eau, après en avoir appuyé un sur du zinc, il se produisait un courant qui durait jusqu'à ce que la parcelle du zinc adhérente fût oxydée.

Person fait observer que les contractions musculaires sont des alternatives de resserrement et d'expansion, et qu'ainsi on peut supposer que les courants qui les produisent sont discontinus. Or, un courant qui n'a pas une certaine durée est insensible au galvanomètre, lors même qu'il se reproduit à des intervalles très courts. Cet habile physicien s'en est assuré, en faisant communiquer l'un des fils du galvanomètre avec les conducteurs d'une machine électrique, l'autre communiquant avec le sol: à chaque tour du plateau, il y avait une déviation régulière; mais la communication ayant été interrompue, de manière à transformer le courant continu en une série d'étincelles, l'aiguille resta immobile. D'après cette observation, Person crut devoir répéter quelques unes de ses expériences avec un instrument sensible aux courants successifs et instantanés, ce qu'il fit soit avec la grenouille, qui est, comme on sait, sensible à cette sorte de courant, soit avec un galvanoscope de son invention; mais les résultats furent toujours négatifs.

Cependant d'autres expérimentateurs prétendent être parvenus à déceler la présence naturelle de l'électricité dans le système nerveux. Après avoir fait l'exposé critique de leurs expériences, je rappellerai aussi les arguments de ceux qui soutiennent que, quand bien même aucun indice de dérivation ne serait obtenu à l'aide des instruments galvanométriques les plus sensibles, il n'en résulterait point nécessairement que des courants électriques n'existent pas en réalité dans le système nerveux.

Au rapport de David (1), un courant, capable de dévier d'une manière sensible l'aiguille d'un multiplicateur de Schweiger, a été constaté par lui dans le nerf sciatique d'un lapin, pendant que l'animal exécutait des mouvements. Mais le récit de David contient plusieurs faits contradictoires; et, d'ailleurs, il est de toute évidence que cet auteur n'a pris aucune des précautions indispensables au véritable succès de pareilles expériences, ce qui suffit pour réfuter complétement son assertion. C'est ainsi, par exemple, qu'il n'a pas même songé à rechercher si la déviation obtenue changeait, ou non, de sens en intervertissant les contacts.

Suivant le même expérimentateur, si, par la section, on prive un nerf de toute communication avec la moelle épinière, et qu'on implante les aiguilles dans l'extrémité isolée, malgré l'action mécanique la plus forte dirigée sur cette extrémité nerveuse, l'aiguille aimantée reste immobile. Ce résultat négatif me semble contredire le résultat fondamental. En effet, que ce soit une force *sui generis* ou

(1) *De l'identité du fluide nerveux et du fluide électrique*. Thèse inaug. 1830, n° 196.

l'électricité qui réagisse dans le système nerveux, toujours est-il que l'irritation mécanique d'un nerf moteur, qui vient d'être séparé à l'instant même de l'axe cérébro-spinal, est suivie de contractions violentes : or, puisque, dans l'hypothèse de l'auteur, c'est le fluide électrique qui intervient lors des contractions musculaires, comment donc se fait-il que, dans ce cas, où le courant, s'il existait, devrait encore être si appréciable, l'aiguille aimantée demeure immobile et n'accuse aucune trace de ce courant?

Beraudi (1) rapporte qu'après avoir implanté trois aiguilles de fer dans le nerf sciatique d'un lapin et les avoir retirées au bout d'un quart d'heure, il vit avec surprise que chacune d'elles avait acquis la propriété d'attirer des parcelles de limaille de fer.

Prévost (2), de Genève, cite une expérience analogue. Une aiguille très fine, plongée dans la cuisse d'une grenouille, suivant la direction des fibres musculaires, serait devenue magnétique, *mais seulement pendant le temps que duraient l'irritation et la contraction des muscles.*

Lembert et Jobert (3) ont vu des fils de lin être attirés par le nerf sciatique, par le cerveau et la moelle épinière mis à nu chez des animaux vivants.

J'ai répété les expériences de Beraudi et de Prévost, en ne négligeant aucune des conditions signalées par ces auteurs, sans jamais trouver la moindre polarité aux aiguilles dont j'avais fait usage. Seulement j'ajouterai que, Prévost n'ayant point dit s'il avait employé des aiguilles en acier ou en fer doux, j'ai cru devoir me servir des unes et des autres. En voici la raison: celles en fer doux pourraient, en effet, perdre leur aimantation dès que le courant supposé cesserait et avec lui la contraction musculaire ; tandis que celles d'acier sont douées d'une puissance coercitive qui leur conserve la polarité magnétique développée par une cause quelconque. Or, avancer qu'une aiguille d'acier, implantée dans les muscles d'une grenouille, serait demeurée magnétique seulement pendant la durée des contractions, reviendrait, par conséquent, à dire qu'elle ne dut jamais l'être. En supposant l'emploi d'aiguilles d'acier dans les expériences de Prévost, une pareille assertion suffirait donc déjà pour démontrer l'inexactitude de leur résultat.

La limaille de fer étant un moyen d'appréciation magnétique fort incomplet, Matteucci (4), pour reconnaître si l'aimantation des aiguilles d'acier est réelle dans de semblables expériences, a eu recours aux aiguilles d'un excellent système astatique et à celles du sidéroscope de Lebaillif, mais sans aucun succès. Le même physicien a introduit la cuisse et la jambe d'une grenouille récemment préparée dans l'intérieur d'une spirale de fil de cuivre verni, dont les extrémités étaient unies à celles d'une autre plus petite renfermant un fil de fer doux ; puis il a irrité le nerf sciatique, en observant en même temps si un courant d'induction parcourait les spirales et aimantait le fil de fer. Toutes ses recherches ont été vaines.

Quant à l'expérience que j'ai rapportée plus haut, et qui consiste, suivant Jobert, à faire attirer un fil de lin par un nerf, par le cerveau ou la moelle épinière, elle m'a réussi également bien avec les muscles, le doigt humide, et tout corps, même

(1) *Arch. génér. de médecine*, t. XX, p. 423 et suiv. 1829.

(2) *Note sur le développement d'un courant électrique qui accompagne la contraction de la fibre musculaire.* Dans *Biblioth. univers. de Genève*, nov. 1837, et dans *Ann. des sc. nat.*, t. VIII, p. 319. 1837. Zoologie.

(3) JOBERT, *Études sur le syst. nerv.*, p. 47. Paris, 1838.

(4) *Leçons sur les phénomènes physiques des corps vivants*, édit. franç., p. 263. Paris, 1847.

inerte, imprégné d'eau tiède. La prétendue attraction résulte ici de l'impulsion de l'air froid qui souffle le fil vers le corps chaud, tandis qu'un courant d'air chaud, mêlé de vapeur aqueuse, s'élève de ce corps : l'électricité n'a donc rien à revendiquer dans un pareil résultat.

Quoique nulle expérience, dirigée avec les précautions convenables, n'ait permis, jusqu'à présent, de constater l'existence d'un courant électrique dans une portion quelconque du système nerveux des animaux vivants, les électro-nervistes n'ont pas cru devoir abandonner leur séduisante hypothèse, et ils ont fait à l'emploi du galvanomètre, en particulier, diverses objections. Suivant eux, si, dans ce cas, un nerf ne donne aucun indice de dérivation d'électricité, cela prouve seulement que le courant qu'ils y admettent est complétement isolé dans les tubes des filets primitifs : et, en effet, ils supposent que chaque filament central des tubes nerveux primitifs est enveloppé d'une substance grasse isolante, comprise entre lui et la paroi de son propre tube ; qu'ainsi chaque filament ne conduit le courant que dans le sens de sa longueur, et que, du reste, l'action du nerf sur le galvanomètre est détruite par la présence de courants centripètes et de courants centrifuges dans les filets d'un seul et même tronc nerveux.

D'abord, on peut répondre qu'un courant électrique, fût-il empêché par un corps isolant de communiquer immédiatement avec un corps conducteur, n'en est pas moins apte à développer dans celui-ci un courant d'induction. Resterait, il est vrai, l'hypothèse fondée sur la présence, dans les nerfs, de deux courants opposés, égaux en intensité et se neutralisant de manière à détruire tout effet électro-magnétique. Mais, en admettant que cet effet fût réellement détruit par une pareille cause dans les nerfs mixtes des membres, devrait-il en être de même dans les nerfs réputés simples, exclusivement moteurs, comme sont les racines spinales antérieures? Or ici, entre nos mains, le galvanomètre a encore été impuissant à nous révéler le moindre indice d'électricité, quoiqu'il y ait bien des raisons de croire que la supposition précédente ne serait plus applicable à ces racines (1).

Les partisans de l'identité de la force nerveuse et du fluide électrique, qui, avec les précédents moyens d'expérimentation, n'ont pu obtenir des résultats positifs à l'appui de leur manière de voir, soutenant d'ailleurs que les instruments mis en usage ne sauraient rigoureusement démontrer l'absence d'électricité dans le système nerveux, ont invoqué quelques observations et quelques faits qu'il importe de mentionner, en leur rendant leur véritable interprétation.

I. La faculté singulière des *poissons électriques* (2) a paru surtout constituer un argument en faveur de l'intervention de l'électricité dans les phénomènes de l'innervation, et l'on n'a pas craint d'affirmer que ce qui n'est qu'à l'état rudimentaire,

(1) Voir notre mémoire intitulé : *Sur la relation qui existe entre le sens du courant électrique et les contractions musculaires dues à ce courant.* Dans *Ann. méd. psychol.*, nov. 1844.

(2) Les poissons chez lesquels la vertu électrique est aujourd'hui reconnue sont : les *Torpedo narke, T. unimaculata, T. marmorata, T. Galvanii* ; le *Tetrodon electricus*, le *Silurus electricus* et le *Gymnotus electricus*. Sans parler du *Trichiure indien* et du *Rhinobate de Marcgrave*, auxquels on a attribué la même propriété, sans preuves suffisantes, il est infiniment probable que, parmi les nombreuses variétés de torpilles qui se trouvent dans les mers équatoriales, il en est encore quelques unes douées de la puissance électrique, et que le *Gymnotus electricus* n'est pas le seul de son espèce qui en jouisse.

chez l'homme par exemple, existait exceptionnellement à un haut degré de développement et de perfection chez ces animaux.

Plusieurs preuves décèlent, à la vérité, la *nature électrique* des curieux phénomènes que ces poissons présentent. Ainsi, les corps non conducteurs, tels que le verre, le bois sec, les résines, interceptent l'action, tandis que la main, armée d'un morceau de métal, est frappée avec plus d'énergie que si elle était nue : Walsh (1), Ingenhousz (2), Fahlberg (3), Faraday (4) sont parvenus, sur le *gymnote électrique*, à produire une étincelle en interrompant le circuit par lequel le courant était obligé de passer. Matteucci, imité par Linari (5), en faisant usage de l'appareil extra-courant de Faraday, a aussi obtenu l'étincelle dans la décharge de la torpille. On a encore obtenu, avec cette électricité animale, la déviation de l'aiguille aimantée dans le galvanomètre, une élévation de température dans les fils conjonctifs, l'aimantation de barreaux d'acier, et enfin des décompositions chimiques.

Mais, avant de se hâter d'attribuer, avec des modifications de quantité, aux autres animaux le fluide reconnu chez les poissons électriques, on aurait dû au moins remarquer d'abord que, pour produire des effets réellement électriques, ces poissons étaient munis d'organes ou d'appareils tout à fait spéciaux. D'ailleurs, des travaux récents démontrent, avec la dernière évidence, que l'électricité est produite, par une action encore inconnue, *dans ces appareils eux-mêmes*, sous l'influence immédiate du système nerveux, mais que ce dernier n'engendre et ne conduit aucun courant électrique. Ici, l'influence du système nerveux sur ces organes semble être du même ordre que celle qu'il exerce sur la contraction musculaire ; seulement, il est tout aussi impossible de dire aujourd'hui quel mystérieux rapport unit la production de l'électricité à l'influx nerveux, que de saisir la relation singulière qui existe entre celui-ci et la contraction instantanée d'un muscle.

Galvani et Spallanzani avaient observé qu'en coupant les nerfs de l'un des organes, la décharge cesse de ce côté, tandis qu'elle continue du côté opposé ; mais Matteucci (6) a reconnu que, pour empêcher la décharge, il n'était pas nécessaire de couper les nerfs, qu'il suffisait de les lier (7) : or, chacun sait qu'une simple ligature ne peut arrêter que l'influx nerveux et ne saurait apporter, en pareil cas, aucun obstacle à la propagation de l'électricité, si réellement elle partait de l'encéphale pour parcourir les nerfs et se manifester au dehors à la surface des organes électriques. Rappelons encore qu'à l'aide du galvanomètre, Matteucci (8) n'a jamais

(1) *Transactions de la Société royale de Londres*, t. LXIII, année 1773.

(2) *Nouv. expér. et obs. sur divers objets de phys.* Paris, 1785.

(3) *Vetansk. Acad. nya Handling*, 1801. II, p. 122.

(4) *Philos. Trans.* 1829. P. I.

(5) *Ann. des sc. nat.*, t. VIII, p. 195, 2e sér. Zool.

(6) *Traité des phén. électro-physiol.*, p. 168. Paris, 1844.

(7) Les expériences de cet auteur, sur l'encéphale de la torpille, sont des plus curieuses. « Les premiers lobes cérébraux, dit-il (*Ann. des sc. nat.*, t. VIII, 2e série, p. 210. Zool.), peuvent être irrités, coupés, détruits tout à fait, sans que la décharge cesse d'avoir lieu. Les lobes qui suivent les premiers donnent lieu, lorsqu'on les touche ou qu'on les blesse, à de fortes contractions musculaires, et quelquefois même, si l'animal est très vivant, à des décharges électriques ; pourtant on peut les couper sans que cela arrête la décharge. Le troisième lobe peut être irrité, blessé, enlevé tout à fait, sans contraction, et sans que la décharge électrique cesse encore. Le dernier lobe du cerveau (*lobe électrique*), que je regarde comme un renflement de la moelle allongée, de laquelle partent les nerfs qui vont à l'organe, est la seule partie du cerveau qu'on ne puisse toucher sans avoir de très fortes décharges électriques. Celle-là détruite, toute décharge devient impossible, quand même on laisserait le reste du cerveau intact. »

(8) *Ouv. cit.*, p. 150. Paris, 1844.

pu obtenir des signes distincts de courant dérivé, en expérimentant sur les nerfs qui se distribuent à ces derniers organes.

II. Il est d'autres manifestations électriques qui pourraient paraître d'autant plus favorables à l'opinion que j'examine, qu'elles ne sont plus propres à telle ou telle espèce animale, ne nécessitent plus la présence d'un appareil spécial, mais qu'on les observe chez tous les animaux ; je veux parler du courant électrique musculaire et du courant de la grenouille, desquels Matteucci a récemment démontré l'identité (1). Cependant, comme j'essaierai de le prouver tout à l'heure, ces faits ne sauraient encore profiter aux électro-nervistes.

Sur un animal vertébré quelconque, vivant ou récemment tué, après avoir mis à nu un muscle et l'avoir incisé, si l'on applique les deux extrémités du fil d'un galvanomètre, l'une à sa partie incisée et profonde, l'autre à la partie intacte et superficielle du même muscle, la déviation de l'aiguille révèle constamment, d'après les observations de Matteucci (2), l'existence d'un courant électrique. Mais, pour obtenir des effets plus sensibles et pouvoir rigoureusement déterminer la direction du courant, ce physicien a indiqué un mode d'expérimentation fort ingénieux. On coupe, sur un animal, des tranches de muscles, de façon que chacune d'elles présente une surface intacte, et l'on dispose, sur un appareil isolant, ces masses charnues les unes à la suite des autres, sous forme de pile, en prenant le soin que toujours une surface musculaire intacte soit en rapport immédiat avec l'intérieur de la masse musculaire incisée ; puis, les deux extrémités de cette pile, intérieur et surface, plongeant dans des capsules d'eau, où se trouvent les extrémités du fil d'un galvanomètre, on voit bientôt l'aiguille se dévier de manière à accuser un courant constamment dirigé de l'intérieur à la surface du muscle, courant dont l'intensité, toutes choses égales d'ailleurs, est en rapport avec le nombre des éléments.

L'expérience se dispose surtout très promptement, si l'on fait usage d'une pile musculaire construite avec des demi-cuisses de grenouilles, et si, au lieu de galvanomètre, on veut se servir, comme je l'ai fait bien souvent, de la *patte* dite *galvanoscopique* (3). Seulement, dans ce cas, pour conclure la direction du courant dans la pile, il importe de bien se rappeler certaines lois de l'influence du courant électrique sur le système nerveux (4).

Il est facile de pressentir combien doit être grande l'énergie des actions chimiques qui accompagnent particulièrement la nutrition des muscles : or, si dans toute action chimique il y a production d'électricité, l'origine de ce fluide, dans le cas particulier dont il s'agit, peut donc être attribuée au travail nutritif même des muscles dont le tissu est le siége de réactions entre les éléments du sang et l'oxygène absorbé dans les voies aériennes. Mais, de ce que les expériences démontrent l'existence d'un courant électrique dans le tissu musculaire, s'ensuit-il qu'en l'absence des conditions toutes spéciales que fait naître l'expérimentateur lui-même, un semblable courant doive se rencontrer dans les animaux auxquels on n'a fait subir aucune mutilation ? Tout porte à croire, au contraire, que la production

(1) *Leçons sur les phén. phys. des corps vivants*, p. 211, édit. franç. Paris, 1847.

(2) *Traité des phén. électro-physiol.*, p. 51. Paris, 1844.

(3) Ce petit appareil, très commode et très sensible, qui permet d'étudier le courant musculaire dans bien des circonstance où le galvanomètre cesse d'être applicable, n'est autre chose qu'une jambe de grenouille fraîchement écorchée, désarticulée avec beaucoup de soin à son union avec la cuisse, de manière à y laisser adhérent le nerf sciatique bien intact.

(4) Voir plus haut, p. 61.

d'électricité, dans les muscles, est analogue à celle qui résulte du contact du zinc seul avec un liquide acide, cas dans lequel les fluides, un instant séparés, se recomposent dans le lieu même de leur séparation, et qu'ainsi, dans l'état normal du muscle, il ne peut y avoir que des courants moléculaires produits par la formation et la destruction, dans les mêmes points, d'états électriques contraires. Pour qu'un courant se développe, pour que la circulation des fluides isolés devienne évidente, il faut que la communication, par un bon conducteur, soit établie entre un grand nombre de points de la masse musculaire et d'autres de nature différente qui ne subissent pas la même action chimique de la part du sang. Or, ces conditions se trouvent remplies dans les expériences que nous avons précédemment exposées : en effet, la texture peu vasculaire du tissu qui enveloppe les muscles ou les termine, tend à faire admettre que les phénomènes de nutrition sont moins actifs dans ce tissu que dans la fibre musculaire elle-même, que ces deux parties ne sont pas le siége de la même action chimique, et que, par conséquent, dans chaque élément d'une pile musculaire, elles se constituent dans deux états électriques différents ; de plus, comme on jette entre elles un corps suffisamment conducteur, les fluides séparés se combinent en suivant cette voie, et dès lors un courant électrique peut réellement se développer.

Maintenant, pour revenir au problème qui nous occupe, celui de l'identité du fluide électrique et de la force nerveuse, il importe qu'on sache bien que la précédente manifestation électrique, qui est due au travail nutritif des muscles, n'est nullement sous la dépendance *immédiate* du système nerveux, et que la prétendue circulation de l'électricité, dans les nerfs musculaires des animaux vivants, est loin de trouver là un argument en sa faveur. Des piles construites avec des *demi-cuisses* de grenouilles, auxquelles, par une dissection attentive, on a enlevé leurs rameaux nerveux, présentent une énergie tout aussi grande que d'autres formées de ces mêmes parties encore pourvues de leurs nerfs. Bien plus, qu'on suppose deux piles musculaires, l'une formée de demi-cuisses de grenouilles intactes avant l'expérience, l'autre d'un même nombre de ces segments pris sur des grenouilles privées depuis plusieurs jours de leur moelle lombaire, et l'on constate, selon Matteucci (1), que le courant le plus intense se rencontre dans la pile dont les muscles sont le plus gorgés de sang, c'est-à-dire ceux des grenouilles dont la moelle est détruite.

Ayant démontré (2) qu'un nerf moteur, séparé de l'axe cérébro-spinal, perd, après le quatrième jour, tout son principe actif, et qu'alors si on applique l'électricité, même à ses ramuscules terminaux, aucune contraction ne se manifeste plus, j'ai voulu savoir si, dans les muscles traversés par ces ramuscules devenus inertes, l'intensité du courant musculaire était moindre que dans les muscles correspondants du côté sain ; mais je n'ai pu constater aucune différence appréciable.

Quoique le système nerveux n'ait, par conséquent, aucune action directe et immédiate sur la production du courant musculaire, il y a néanmoins de l'intérêt à connaître le rôle qu'il peut remplir dans la propagation de ce dernier. Sur des animaux vivants, Matteucci, ayant taillé des éléments voltaïques musculaires, les a fait communiquer entre eux, tantôt au moyen d'un contact immédiat entre les parties interne et externe des muscles, tantôt par l'entremise d'un tronc nerveux

(1) *Traité des phén. électro-physiol.*, p. 77. Paris, 1844.
(2) *Recher. expér. sur les conditions nécessaires à l'entretien et à la manifestation de l'irritabilité musculaire, avec applications à la pathologie.* Paris, 1841.

qui, traversant chaque segment, vient s'appliquer soit à la surface intacte, soit à la surface incisée d'un segment voisin. Dans toutes ces piles, *le courant a conservé la même direction;* seulement l'intensité en a toujours été plus faible quand les éléments communiquaient au moyen d'un nerf, que dans le cas où ils se touchaient directement. Matteucci en conclut que, dans un courant musculaire, la fonction des nerfs, bien différente de celle qu'on voudrait leur supposer, se réduit à celle d'un conducteur imparfait qui représente l'état électrique de la partie du muscle, intérieur ou surface, de laquelle il est le plus rapproché.

Mais ce dernier corollaire ne saurait être admis sans restriction par le physiologiste; car, assurément, il lui est bien permis de supposer que le système nerveux, tout en ne concourant pas directement à la production de l'électricité dans les muscles, doit néanmoins, en tant que nécessaire à l'accomplissement de tout acte de nutrition, recouvrer son importance. C'est ce dont j'ai pu m'assurer par des expériences directes établissant une étroite connexité entre les conditions qui permettent ou suspendent l'irritabilité des muscles et le développement d'électricité dans leur tissu. Ainsi j'ai reconnu que, malgré la suppression absolue du concours des nerfs moteurs, suppression prolongée au-delà de douze semaines, les signes du courant musculaire persistent et, avec eux, l'irritabilité. Mais est-ce à dire qu'une réaction nerveuse d'un autre ordre ne soit point nécessaire pour entretenir ces manifestations? Déjà, sept semaines après la section de nerfs *mixtes* (1), j'ai vu le tissu musculaire se décolorer, perdre peu à peu ses caractères organiques et, plus tard, sa propriété essentielle, l'irritabilité; alors aussi, toute trace de courant avait disparu. L'irritabilité et le courant musculaires sont donc subordonnés, dans certaines limites, à une même condition, la nutrition normale des muscles, qui ne saurait elle-même se dérober à l'influence d'une portion spéciale et encore imparfaitement déterminée du système nerveux.

Quant au *courant propre de la grenouille*, ainsi appelé parce que, jusqu'à ces derniers temps, on n'avait pu en reconnaître l'existence que dans cet animal, Matteucci a démontré son identité avec le *courant musculaire;* aussi ce que nous avons dit du rôle du système nerveux par rapport à l'un peut-il s'appliquer également à l'autre.

Il nous reste encore à mentionner le phénomène de la *contraction induite*, qui d'ailleurs ne nous semble pouvoir servir en rien à appuyer l'hypothèse de l'existence d'un courant électrique dans les nerfs des animaux.

On désigne sous le nom de *contraction induite*, un phénomène des plus curieux dont la découverte récente est due à Matteucci, et qu'on voit se produire dans les conditions suivantes: après avoir dénudé et coupé le train postérieur d'une grenouille à la manière ordinaire de Galvani, on applique le nerf suffisamment long d'une patte galvanoscopique sur les muscles cruraux de la grenouille préparée, puis on fait passer le courant d'une pile dans les nerfs lombaires de celle-ci; aussitôt, les muscles des cuisses et des jambes entrent en contraction, mais, au même moment, se contracte aussi la patte galvanoscopique (2). Le même résultat s'obtient si, le

(1) On sait que ces nerfs sont composés, indépendamment des fibres motrices, de fibres sensitives et de fibres dites *grises ou organiques* auxquelles on a accordé, dans ces derniers temps, une influence toute spéciale sur la nutrition et les sécrétions.

(2) On appelle *contraction induisante*, celle de la grenouille préparée, et *contraction induite*, celle de la patte galvanoscopique.

nerf de cette dernière étant mis en contact avec les muscles de la cuisse d'un lapin, d'un chat, d'un chien, etc., on détermine leur contraction au moyen d'un courant électrique dirigé dans les nerfs lombaires ou sciatiques. Si, enfin, plusieurs pattes galvanoscopiques sont disposées de façon que les nerfs des unes touchent les muscles des précédentes, au moment de la contraction induisante les trois premières de ces pattes se contractent simultanément. Jusqu'à présent, la contraction induite de quatrième ordre n'a pu être obtenue, même avec les grenouilles les plus vives.

Essayons maintenant d'aborder, en quelques mots, la théorie physique de la contraction induite. Et d'abord, il importe de faire observer que le courant électrique, employé pour déterminer la contraction induisante de la grenouille, ne saurait être, par sa diffusion, la cause directe de la contraction induite de la patte galvanoscopique, puisque celle-ci se contracte également sans qu'on ait recours à l'électricité, c'est-à-dire après une stimulation mécanique quelconque de la moelle ou des nerfs lombaires de la grenouille préparée.

De ses expériences si nombreuses et si variées, Matteucci conclut qu'on ne saurait davantage attribuer le phénomène, soit à un frottement exercé par les muscles en contraction sur le nerf mis en contact avec eux, soit à l'influence de l'électricité qui serait développée pendant la contraction musculaire, soit enfin à un accroissement d'intensité du courant musculaire ou du courant propre au moment où les muscles se contractent, puisque cet accroissement n'est pas démontré par l'expérimentation. En dernière analyse, Matteucci (1) arrive à la négation absolue de toute production d'électricité comme cause de la contraction induite, qu'il considère comme « *un phénomène d'induction de cette force inconnue qui circule dans les nerfs et produit la contraction musculaire* (2). »

Dubois-Reymond (3), faisant dépendre la contraction induite du courant électrique musculaire découvert par Matteucci, et croyant avoir constaté que ce courant s'affaiblit ou même s'interrompt à chaque convulsion des muscles, propose l'explication suivante : le courant musculaire étant interrompu, dans les muscles de la grenouille préparée, par le fait même de leur contraction, cette interruption entraîne une rupture dans l'équilibre du *fluide électrique* du nerf de la patte galvanoscopique, et partant les contractions de celle-ci.

III. Un segment de nerf, suivant Dubois-Reymond (4), peut réagir sur le galvanomètre d'après les mêmes lois qu'un segment de chair musculaire. Quand le conducteur touche deux points de la surface externe du tronçon nerveux ou ses deux extrémités incisées, on n'obtient aucun signe de courant ; mais celui-ci apparaît, en affectant la même direction que dans le muscle, de l'intérieur à l'extérieur, quand les extrémités du galvanomètre sont appliquées à la fois à la surface externe du nerf, et à la surface incisée. En admettant le fait comme exact, on ne serait point encore autorisé à conclure que la force nerveuse n'est autre que le fluide électrique, attendu que, comme dans les muscles, pareille manifestation

(1) *Leçons sur les phén. phys. de la vie*, p. 298, édit. franç. Paris, 1847.
(2) D'après une note, de date plus récente que la publication de ses *Leçons sur les phénomènes physiques de la vie*, Matteucci semble pourtant avoir été amené à s'expliquer la contraction induite « par un phénomène de décharge électrique qui aurait lieu pendant la contraction musculaire. » (*Comptes-rendus de l'Acad. des sc.*, 15 mars 1847, p. 414.)
(3) *Poggendorff's Annalen*, t. LVIII, n° 1.
(4) *Rec. cit.*

électrique doit tenir au travail nutritif même du tissu nerveux dont enveloppe e contenu seraient polarisés, par suite d'une réaction chimique différente de la par des éléments du liquide sanguin. Rappelons, d'ailleurs, qu'ici encore il ne pourrai y avoir que des courants moléculaires produits par la formation et la destruction dans les mêmes points, d'états électriques contraires, et qu'un véritable courant n serait possible qu'avec les conditions toutes spéciales que ferait naître l'expérimen-tateur lui-même.

IV. On sait que les électro-nervistes ont prétendu que l'électricité pouvai suppléer la force nerveuse pour déterminer la contraction des muscles. Mais il m sera facile de faire ressortir, à l'aide d'expériences directes, toute l'inexactitud d'une pareille assertion. En effet, j'ai prouvé qu'un nerf moteur, séparé de l'ax cérébro-spinal, perd, après le quatrième jour, tout son principe actif, et qu'alor si on applique l'électricité, même à ses ramuscules terminaux, aucune contractio ne se manifeste plus. Or, si l'électricité et la force nerveuse étaient identiques, s l'une pouvait suppléer l'autre dans ses effets, il est évident que les mouvement musculaires devraient persister, d'autant mieux que les muscles demeurent encor irritables, pendant un laps de temps indéterminé, même sous l'influence des sti-mulants mécaniques. Il est vrai qu'alors même que le nerf isolé a perdu, avec l force nerveuse, son aptitude à faire contracter la fibre musculaire si l'on fait passe un courant seulement dans une portion de son trajet, il ne s'en montre pa moins conducteur de l'électricité, comme toute partie animale humide, quan l'un des réophores est mis en rapport avec lui, et l'autre avec les muscles; mais le contractions qu'on observe, dans ce cas, dépendent d'une action directe et im-médiate sur la fibre musculaire, dont la propriété contractile persiste, comme j l'ai démontré, en l'absence de toute force nerveuse motrice, et aussi longtemp que cette fibre conserve ses caractères organiques (1).

Ainsi, le fluide électrique ne peut donc pas remplacer la force nerveuse un fois qu'elle est éteinte dans les cordons nerveux, et il agit seulement comme u excitateur spécial de cette force inconnue tant qu'elle n'est point épuisée.

Quant à l'expérience de Wilson Philip (2) qui aurait fait digérer des aliment dans l'estomac d'un animal dont il avait coupé les nerfs pneumo-gastriques, en rem-plaçant leur action par celle d'un courant électrique, elle ne prouve aucunemen l'identité de ce dernier avec la force nerveuse; car, après qu'on a coupé un ner moteur, son bout périphérique conserve encore pendant quelque temps, si on vien à l'irriter d'une manière quelconque, la faculté de remplir jusqu'à un certai point son rôle ordinaire. L'expérience de Wilson Philip a été reproduite pa Breschet et Milne Edwards (3), par Brachet (4) avec des modifications qui on démontré que, par la simple irritation mécanique des bouts inférieurs de la pair vague, on obtient les mêmes résultats que par l'application de l'électricité. Ce auteurs ont donc attribué les progrès de la chymification observés par le physio-logiste anglais et par eux-mêmes, au simple entretien de la contraction des fibre musculaires de l'estomac, et non à une action de nature électrique exercée pa

(1) *Rech. expérim. sur les conditions nécessaires à l'entretien et à la manifestation de l'ir-ritabilité musculaire, avec applications à la pathologie.* Paris, 1841.
(2) *On experim. inq. into the laws of the vit. funct.* etc. London, 1818.
(3) *Arch. génér. de méd.*, t. VII, p. 197. 1825.
(4) *Rech. expérim. sur les fonct. du syst. nerv. gangl.* 2e édit., p. 250. Paris, 1837.

les nerfs vagues. Nos propres recherches sont venues confirmer en tous points l'explication proposée par ces expérimentateurs.

V. Si l'identité que les électro-nervistes s'efforcent d'établir entre le principe nerveux et l'électricité était réelle, devrait-on trouver, dans leur mode propagation, une différence aussi importante que celle qui va être signalée ?

Un courant électrique est-il dirigé dans toute la longueur d'un nerf encore pourvu de son principe actif, les contractions musculaires sont plus fortes que dans le cas d'un courant à peu près transversal, parce qu'ainsi la force nerveuse est excitée plus vivement et dans une étendue plus considérable : si alors le nerf fait partie d'un circuit où se trouve le galvanomètre, sa conductibilité ne change pas, d'après les observations de Person (1), quand on désorganise sa pulpe mécaniquement ou qu'on la lie, comme le prouve l'aiguille aimantée. Le névrilème serait donc un excellent conducteur de l'électricité. Mais l'est-il également du principe nerveux ? Si ces deux agents étaient réellement identiques, il devrait en être ainsi, et pourtant il est facile de donner la preuve expérimentale du contraire. En effet, pendant qu'on irrite *mécaniquement* le bout libre d'un nerf et que l'on suscite des contractions, si l'on vient, en ménageant la continuité de son névrilème, à désorganiser sa pulpe, à l'aide d'une contusion ou d'une ligature faite au-dessous du point irrité, immédiatement le principe nerveux est enrayé, et les contractions cessent. Celles-ci manquent également lorsque, au lieu d'employer les irritants mécaniques, on fait passer un courant dans le nerf en appliquant les deux fils conducteurs au dessus de la ligature ou de la contusion. Mais, si l'extrémité d'un réophore est appliquée au-dessus de la ligature, et l'extrémité de l'autre à quelque distance au-dessous d'elle, le courant la traverse et aussitôt reparaissent les contractions musculaires : celles-ci sont dues au principe nerveux émané de la portion de nerf qui, placée entre le point ligaturé et le point touché par le réophore inférieur, est stimulée par le courant dans lequel elle-même est comprise. La ligature est-elle supprimée, et la continuité maintenue à l'aide du névrilème seulement, les phénomènes ne varient point.

Il résulte donc, des expériences qui précèdent, cette différence essentielle entre l'électricité et le principe actif des nerfs, que l'une est transmissible par le névrilème ou les ligatures, et que l'autre ne l'est point.

« Le névrilème est si bon conducteur, dit Person, qu'il est incapable d'isoler les courants les plus faibles qu'on puisse produire dans les expériences galvaniques, de sorte qu'un courant engagé dans un nerf peut passer dans les muscles dès que ceux-ci lui offrent un chemin plus court. » Ce fait détruirait toutes les suppositions de ceux qui regardent les nerfs comme jouissant d'un pouvoir isolant, et qui les comparent à des fils métalliques conducteurs entourés de soie (2). Puisque, suivant le même auteur, les courants électriques *les plus faibles* sont loin de suivre les ramifications des nerfs, comme fait le principe nerveux, puisqu'ils sautent, au contraire, avec la plus grande facilité sur les parties animales voisines, quand celles-ci

(1) *Mém. cité.*

(2) Croyant répondre à cette objection, il est vrai, comme nous l'avons dit plus haut, que les électro-nervistes ont eu recours à une hypothèse : ils ont supposé que chaque filament central des tubes nerveux primitifs est enveloppé d'une substance grasse isolante, comprise entre lui et la paroi de son propre tube.

leur offrent le chemin le plus court pour se rendre à l'autre pôle, le principe nerveux se comporte donc dans les nerfs tout autrement que l'électricité.

En nous fondant sur nos propres expériences, sur notre analyse critique des faits et des assertions qui précèdent, nous croyons devoir conclure :

1° Qu'il n'existe aucune preuve directe et certaine en faveur de l'hypothèse des courants électriques dans le système nerveux ;

2° Que le fluide électrique et la force nerveuse ne sont point identiques.

Mais, est-ce à dire qu'ils soient totalement différents et qu'ils n'offrent point la moindre analogie ?

Sans vouloir nous prononcer d'une manière trop absolue dans cette question, il nous sera pourtant permis d'avancer que les arguments, à l'aide desquels on a essayé d'établir une analogie prochaine entre ces deux agents, ne nous paraissent pas avoir toute la valeur qu'on leur suppose.

La rapidité de transmission serait, dit-on, la même pour les phénomènes nerveux et les phénomènes électriques; les causes de leur manifestation offriraient de la ressemblance, car les frictions, les combinaisons chimiques, le contact de matières hétérogènes, la chaleur, etc., pourraient mettre en jeu également l'électricité et la force nerveuse; plusieurs phénomènes analogues seraient produits sous l'influence de l'un et l'autre agent, comme l'élévation de température, la décomposition de certains produits, la recomposition de quelques autres.

Puis, invoquant le mode d'action de l'électricité sur le système nerveux, on a coutume de rappeler que le courant électrique est, entre tous les modificateurs de ce système, celui qui réveille son excitabilité avec le plus d'énergie et le plus longtemps, puisqu'il est le seul capable de la rendre encore manifeste, quand déjà tous les autres stimulants connus sont sans la moindre action sur elle; qu'agissant sur un nerf mixte, seul il peut exciter séparément, tantôt une sensation, tantôt une contraction, suivant la direction dans laquelle il le parcourt; que seul encore il possède la faculté de rétablir promptement l'excitabilité des nerfs moteurs, quand il est transmis dans un sens contraire à celui d'un autre courant qui avait d'abord affaibli ou même suspendu cette excitabilité; qu'enfin si le courant électrique vient à passer d'une manière continue dans un nerf mixte, il ne détermine plus, au bout de quelques secondes, ni sensation, ni contraction, quoique celles-ci puissent encore se manifester à l'instant même où le circuit est interrompu.

Quant à la vitesse de propagation de la force nerveuse qu'on a assimilée à celle du fluide électrique, il est évident qu'une pareille assimilation est purement gratuite et qu'elle ne saurait reposer sur aucune observation directe. Dans les calculs vainement essayés sur la vitesse de la première (1) les auteurs parlent d'un certain nombre de pieds parcourus dans une seconde; tandis que les recherches de Wheatstone sur la vitesse de propagation de la décharge d'une bouteille de Leyde à travers un fil de laiton, démontre que, sur un pareil conducteur, l'électricité se meut avec une rapidité plus grande que celle de la lumière elle-même, 115,000 *lieues* par seconde.

Comment a-t-on cru pouvoir établir une analogie entre les agents nerveux e

(1) Voir plus haut, p. 46.

électrique, en avançant que, sous l'influence de l'un ou de l'autre, se produisait de la chaleur? Sans doute, on a entendu parler de l'élévation de température obtenue dans les fils conjonctifs par le passage d'un courant, et opposer ce phénomène à celui de la chaleur animale qu'on supposerait développée directement par la force nerveuse? Mais de nombreuses expériences démontrent que le système nerveux ne saurait être regardé comme la source immédiate de la chaleur développée par les animaux; qu'au contraire, ce système ne concourt à la calorification que médiatement, ou par suite de son action sur les fonctions respiratrice et circulatoire qu'il accélère, retarde ou suspend, suivant les troubles divers qu'il subit lui-même.

Pour ce qui concerne la décomposition et la recomposition de certains produits qu'on supposerait pouvoir s'opérer par l'action immédiate du principe nerveux, comme par celle de l'électricité, il est permis, jusqu'à présent, de ne voir là qu'une hypothèse. Car, pour beaucoup de physiologistes, le rôle du système nerveux dans les sécrétions, la nutrition et les opérations chimiques de la vie, se borne à déterminer la contraction ou le relâchement des vaisseaux sanguins : suivant cette opinion, il n'y aurait donc pas, dans ces actes organiques, intervention immédiate du système nerveux qui n'agirait que comme régulateur, et il faudrait admettre que la nutrition est le résultat d'une force inhérente à toutes les molécules animales vivantes.

Nul doute, comme on l'a vu, que l'électricité n'exerce sur le système nerveux une influence qui, sous plusieurs rapports, diffère de celle des autres stimulants. Mais ici, la différence dans le mode d'action nous semble tenir essentiellement à ce que le courant électrique peut être changé dans sa direction, et surtout à ce qu'il agit sans désorganiser la fibre nerveuse, privilége que ne possèdent ni les irritants chimiques, ni les irritants mécaniques; car, en définitive, comme ces autres modificateurs, il ne fait jamais que provoquer, pour ainsi dire, un réveil de la force nerveuse existante, une excitation de la fonction à laquelle préside le nerf soumis à son influence. Appliqué à tels nerfs, il occasionne des contractions musculaires, à tels autres, une sensation lumineuse ou auditive, et la spécialité du conducteur nerveux détermine et commande la spécialité des effets produits; comme aussi, dans la matière morte, on voit l'électricité varier ses effets avec les conducteurs inorganiques sur lesquels on la dirige, et produire, ici une simple élévation de température, là une décomposition. Pour traduire ce qui précède par une comparaison, nous répéterons, avec Gavarret (1), « que le système nerveux, dans ses rapports avec l'électricité, ne joue que le rôle d'un galvanomètre de forme et de nature particulière, traduisant la présence et l'intensité d'un courant par sa manière spéciale de répondre aux excitations extérieures. L'aiguille aimantée par sa déviation, le fil de platine par son échauffement, les dissolutions salines par leur décomposition, ont servi à découvrir l'existence de l'électricité dynamique partout où elle existait; un filet nerveux avec sa masse musculaire (*patte galvanoscopique*) peut les remplacer, et nous traduire, par une *contraction*, la présence de l'agent électrique. »

Mais revenons à quelques unes des particularités relatives au mode d'action du courant électrique sur les nerfs, et cherchons à nous en rendre compte : on verra

(1) *Lois générales sur l'électricité dynamique*, etc. Paris, 1843.

qu'elles ne sauraient servir à établir une analogie, pas plus entre l'électricité et le principe nerveux qu'entre celui-ci et les stimulants ordinaires.

Appliqué à un nerf mixte, le courant électrique, disions-nous, seul peut exciter séparément tantôt une sensation, tantôt une contraction. Supposons que le courant électrique détermine, dans son sens, un changement moléculaire dans le nerf qu'il parcourt longitudinalement, et de plus des mouvements ondulatoires d'un fluide nerveux se propageant suivant la même direction : si, comme le courant, ces ondulations se propagent des extrémités vers l'encéphale, il y aura sensation; si elles marchent de celui-ci vers les extrémités, il y aura contraction. Il est évident qu'un pareil résultat s'explique par la possibilité de changer à volonté la direction de l'excitant, et que, si cette possibilité existait pour les autres stimulants, les mêmes phénomènes devraient s'observer avec eux.

Nous disions encore que le courant électrique seul possède la faculté de rétablir promptement l'excitabilité des nerfs moteurs, quand il est transmis dans un sens contraire à celui d'un autre courant qui avait d'abord affaibli ou même suspendu cette excitabilité. Assurément, il est permis de supposer que le refoulement des molécules nerveuses, toujours dans la même direction, peut finir par modifier assez l'état matériel du nerf pour le rendre impropre à ses fonctions; tandis qu'un courant, en sens inverse du premier, tend à rétablir les parties dans leur disposition primitive. Ici, la différence entre le mode d'action de l'électricité et celui des irritants ordinaires, dépend à la fois de ce que le courant électrique peut être changé dans sa direction, et de ce qu'il peut agir sur les nerfs sans les désorganiser.

Enfin, nous avons rappelé que, si le courant électrique vient à passer d'une manière continue dans un nerf mixte, il ne détermine plus, au bout de quelques secondes, ni sensation, ni contraction, quoique celles-ci puissent encore se manifester à l'instant même où le circuit est interrompu. Mais il importe d'abord de savoir que, dans les premiers moments de l'expérience, la douleur et les mouvements éclatent lors de l'établissement et de la rupture du circuit, quel que soit d'ailleurs le sens du courant, ce qui prouve que le nerf étant parfaitement intact, ses molécules ou l'éther interposé se déplacent d'abord dans toutes les directions sous l'influence de l'électricité comme sous l'influence d'un stimulant quelconque. Il n'en est plus de même quand le courant devient continu, parce que les mouvements ondulatoires du fluide supposé sont limités entre les deux pôles, tandis que l'interruption brusque du circuit leur permet de nouveau de se propager soit vers l'encéphale pour produire une sensation, soit vers les extrémités pour déterminer une contraction musculaire.

Après avoir examiné les faits nombreux qui se rattachent à l'étude de la force nerveuse, et les avoir interprétés sans prévention, il ne nous semble pas qu'on soit suffisamment autorisé, jusqu'à présent, à embrasser l'opinion de ceux qui avancent qu'entre le principe nerveux et l'électricité existe une analogie du même genre que celle qu'on est porté à admettre entre le calorique, l'électricité et la lumière. Un lien intime et réellement scientifique, entre les deux agents qui nous occupent, reste encore à découvrir; ce qui doit engager à se servir des notions que la science possède sur l'un, pour tâcher d'éclairer analogiquemant la manière d'agir de l'autre. Mais, suivant nous, s'il faut en venir à reconnaître la force nerveuse comme une manière d'être toute spéciale du fluide électrique, et à la

considérer comme soumise à des lois toutes particulières, autant vaut presque en faire une *force sui generis*. Avouons d'ailleurs que les faits manquent et manqueront peut-être longtemps encore, pour savoir si les effets de cette force inconnue résultent de mouvements moléculaires dans la substance nerveuse ou bien des vibrations de l'*éther* répandu entre les molécules de cette substance, comme entre celles de tous les autres corps de l'univers.

PROPRIÉTÉS ET FONCTIONS DES DIVERSES PARTIES DU SYSTÈME NERVEUX.

Après avoir établi la distinction, dans le système nerveux, des appareils spéciaux du sentiment, du mouvement et de l'intelligence; après avoir étudié, d'une manière générale, le mode d'action de l'appareil nerveux moteur et de l'appareil nerveux sensitif, les effets si curieux et si distincts des agents électrique, mécaniques et chimiques sur l'un et sur l'autre; après avoir déterminé les rapports généraux du système nerveux avec les fonctions nutritives, avec les phénomènes dits sympathiques, et avoir examiné l'hypothèse de l'existence de courants électriques dans les nerfs, il nous reste à faire succéder à cette étude d'ensemble l'étude physiologique détaillée de chacune des dépendances du système nerveux.

Les usages de la moelle épinière et des diverses parties constituantes de l'encéphale, ceux des différents nerfs qui sont en relation immédiate avec ces organes centraux, devront donc fixer successivement notre attention.

Mais les rapports de l'axe cérébro-spinal avec la cavité vertébro-crânienne, dans laquelle il est entouré par des membranes et baigné par un liquide qui l'isole des parois osseuses; ses mouvements dans cette cavité, durant une certaine époque de la vie, et ses modifications fonctionnelles, qu'on peut provoquer à volonté en variant les conditions circulatoires, sont bien dignes assurément d'éveiller l'intérêt du physiologiste. Aussi, avant d'aborder l'étude spéciale de chacune des divisions de la masse encéphalique, nous occuperons-nous des propriétés et des usages des membranes cérébro-spinales et du liquide sous-arachnoïdien, des mouvements de l'encéphale et de l'influence de la circulation sur ses fonctions.

PROPRIÉTÉS ET FONCTIONS DES MEMBRANES DE L'AXE CÉRÉBRO-SPINAL.

A l'intérieur de la cavité formée par les vertèbres rachidiennes et crâniennes, se trouvent trois membranes intermédiaires aux os et à l'axe cérébro-spinal. Ces membranes sont, de dehors en dedans : la *dure-mère*, de nature fibreuse ;

l'*arachnoïde*, de nature séreuse ; la *pie-mère*, de nature cellulo-vasculaire dans le crâne, fibro-vasculaire dans le canal rachidien (1).

Fonctions et propriétés de la dure-mère.

La dure-mère sert de périoste interne aux os du crâne, et l'histoire des canaux veineux qu'elle contient occupe une place importante dans l'étude de la circulation céphalique. Mais ce ne sont pas là des questions qui se rattachent d'une manière très directe à la physiologie du système nerveux ; aussi les laisserons-nous de côté pour ne considérer cette membrane que dans ses relations immédiates avec l'axe cérébro-spinal lui-même.

La dure-mère, envisagée relativement au cerveau et à la moelle, est essentiellement une membrane de protection.

Comme toutes les membranes fibreuses d'enveloppe, elle maintient dans leur configuration normale les parties qu'elle recouvre. Dans le canal rachidien, elle remplit évidemment ce dernier usage en s'opposant à l'écoulement du liquide sous-arachnoïdien. Dans le crâne, elle est aussi chargée de conserver la forme et la disposition respective des diverses parties qui constituent l'encéphale : interposée et tendue entre les deux lobes cérébraux, la faux du cerveau empêche que l'un de ces lobes ne pèse sur l'autre dans le décubitus latéral ; la faux du cervelet a un usage analogue relativement aux hémisphères cérébelleux, et la tente du cervelet le protége contre la pression que, sans cette cloison, le cerveau exercerait sur lui pendant la station. Nous verrons, d'ailleurs, que ces cloisons membraneuses servent aussi à maintenir le liquide céphalo-rachidien à la surface des circonvolutions.

Que l'on ajoute à ces usages la part que prend la circulation des sinus aux mouvements du cerveau, élément qui sera apprécié plus loin, et l'on aura épuisé toute la partie positive de la question qui nous occupe. Mais, si les travaux entrepris par Haller et ses contemporains ont ramené le problème à des termes aussi simples, il faut dire que le rôle de la dure-mère n'a pas toujours été aussi restreint. De longues discussions, au sujet des usages de cette membrane, ont donné lieu à des théories diverses dont nous allons essayer de tracer une esquisse rapide. Toutes ces théories, du reste, ne sont que des corollaires de deux propositions que certains physiologistes se sont efforcés de démontrer : *la dure-mère est contractile ; elle est sensible*. Cette dernière expression a été prise dans son acception la plus étendue. C'est à ces deux propositions, définitivement rejetées dans la seconde moitié du dix-huitième siècle, que nous rattacherons les doctrines qui se sont succédé dans l'histoire de la science.

La dure-mère est-elle contractile? — Les médecins arabes paraissent avoir cru à la contractilité de cette membrane : cette opinion leur venait probablement de Galien, qui assure qu'après la section de la dure-mère on observe la perte du mouvement et du sentiment (2). Malpighi pensait que la dure-mère se contracte pendant les convulsions : « *Meninges affici et in convulsionibus constringi valde* (3). » Au

(1) Voir pour la description de ces membranes, notre *Traité d'anat. et de physiol. du système nerveux*, t. I.
(2) De Hippoc. et Platon, *Decret.*, lib. VII, c. 3.
(3) Pacchioni, *De dura membr.*, p. 23.

rapport de Pacchioni (1), Mayow regardait ces mouvements comme destinés à chasser le fluide nerveux du cerveau dans les nerfs.

D'après Willis (2), la dure-mère se contracte et se relâche pendant l'éternuement ; lorsqu'elle est lésée, elle devient le siége de mouvements spasmodiques, de là les convulsions. D'autre part, lorsqu'elle se relâche, elle permet au sang des veines encéphaliques de pénétrer dans les sinus ; lorsqu'elle se contracte, elle chasse le sang vers le cœur. Ces mouvements sont accélérés par les passions ou les impressions vives, comme la crainte et la colère ; aussi le sang arrive-t-il alors dans le cœur avec plus d'abondance.

Pacchioni prétendit légitimer ces hypothèses par des dissections desquelles il déduisit une théorie infiniment plus complète et, suivant lui, beaucoup plus satisfaisante. Au point de vue anatomique, la dure-mère est l'analogue du cœur ; il en est de même relativement à ses propriétés. Comme le cœur, elle a un double mouvement de systole et de diastole. Pendant la systole, le fluide nerveux est chassé dans les nerfs ; pendant la diastole, le sang artériel arrive dans le cerveau ; la dure-mère est donc sous ce rapport l'antagoniste du cœur, ses mouvements alternent avec ceux de cet organe. En poursuivant son raisonnement, Pacchioni arrive à d'autres propositions qui ne sont pas moins extraordinaires : lorsque la faux du cerveau se contracte, la tente du cervelet se relâche, le cerveau seul est comprimé ; lorsque c'est au contraire la faux du cervelet qui se contracte, le tente se relâche, et c'est le cervelet qui est comprimé à son tour.

Des recherches expérimentales semblèrent aussi donner gain de cause à cette théorie ; mais, comme elles ont été reconnues fausses par tous les physiologistes subséquents, nous ne les rapporterons pas ici.

Quoi qu'il en soit, Pacchioni trouva d'abord de nombreux prosélytes et peu d'adversaires. Fantoni lui fit, il est vrai, beaucoup d'objections ; mais Valsalva, Baglivi, F. Hoffmann, etc., adoptèrent ses idées. Il vécut néanmoins plus que le système dont il était l'auteur : convaincu par les nombreux arguments qu'on lui opposa par la suite, il avoua que la dure-mère n'était pas douée de contractilité, et que jamais, dans ses vivisections, il n'avait aperçu les mouvements de cette membrane.

Cette réaction fut due principalement aux travaux de Haller et de tous les expérimentateurs tels que Zinn, Caldani, Fontana, Walsdorf, etc., dont Haller a conservé les noms et les recherches (3). Ils arrivèrent tous à des résultats sensiblement identiques.

En supposant la contractilité de la dure-mère prouvée, on ne concevrait pas comment cette propriété pourrait être mise en jeu, puisque la dure-mère adhère à la paroi crânienne. En second lieu, cette membrane n'est pas de nature musculaire ; elle est constituée par du tissu fibreux. Enfin, lorsqu'on a mis la dure-mère à nu, et que l'on applique sur elle des irritants mécaniques, des acides concentrés, un fer rougi au feu, etc., on n'observe aucune trace de contraction.

La dure-mère n'est donc pas contractile, et toutes les théories qui reposent sur l'existence de cette propriété sont nécessairement fausses.

La dure-mère est-elle sensible? — Cette question a été principalement soulevée par Van Helmont et par les physiologistes de l'école de Stahl, qui plaçaient dans les

(1) *Ibid.*
(2) *De cerebri anatom.*, c. 6.
(3) *Mémoires sur les parties sensibles et irritables du corps animal.* Lausanne, 1760.

méninges le siége de la sensibilité. Des considérations empruntées à la pathologie, des expériences directes, tentées par ces derniers, les conduisirent à résoudre cette question affirmativement.

De leur côté, Haller, Zinn, Bordenave, Housset, etc. (1), arrivèrent par la même voie à une solution opposée.

Les irritants mécaniques appliqués à la dure-mère ne déterminent aucun signe de douleur ; on peut impunément, disent-ils, inciser, déchirer cette membrane. Cependant Baglivi (2) a réveillé un animal endormi en piquant la dure-mère.

Le feu, les irritants chimiques ne déterminent pas de douleurs, suivant Haller, Heuerman, Tossetti, Zimmermann, Zinn, etc. (3). Broklesby (4) conserva quelques doutes à ce sujet. D'après ses expériences, Lecat (5) pense au contraire que la dure-mère est très sensible.

Au milieu de ces données contradictoires, il est assez difficile de se décider. J'ai fait quelques recherches à ce sujet, et j'ai vu que la dure-mère crânienne paraissait insensible dans sa portion supérieure, mais qu'en râclant légèrement, avec un scalpel, cette membrane, au niveau de la base du crâne, de la tente du cervelet, etc., l'animal donnait des signes non équivoques de douleurs : ces expériences ont été faites sur des chiens. Chez les mêmes animaux, la dure-mère spinale m'a toujours paru être insensible dans toute son étendue.

Quant aux arguments anatomiques sur lesquels on voudrait fonder l'insensibilité de la dure-mère, ils sont tous sans valeur. Haller et ses adhérents ont refusé des nerfs à cette membrane, et peut-être cette doctrine n'a-t-elle pas été sans influence sur l'interprétation des faits qui se sont offerts à leur observation : mais, ainsi que nous l'avons établi ailleurs (6), ces nerfs existent réellement; ils proviennent en outre de troncs sensitifs, et leur présence, dans les points indiqués, explique les résultats que nous avons obtenus.

Nous croyons donc qu'entre l'opinion de Lecat, qui reconnaît à la dure-mère une sensibilité plus exquise que celle de la peau, et la conclusion trop exclusive et trop absolue de Haller, il y a une solution à laquelle on peut s'arrêter : la dure-mère a réellement une sensibilité propre dans certains points, bien que cette propriété y soit peu développée. Il y a loin de là à la théorie de l'école de Stahl, dont le germe se retrouve dans Érasistrate, et que personne ne soutient plus aujourd'hui.

Fonctions de l'arachnoïde et de la pie-mère.

Ainsi que toutes les séreuses, l'*arachnoïde* paraît en rapport avec les mouvements de l'organe qu'elle enveloppe, mouvements qui s'observent au moins à une certaine époque de la vie. Elle est à l'axe céphalo-rachidien ce que les plèvres sont aux poumons, les synoviales aux articulations, etc. Sa cavité est remplie d'une vapeur qui peut se condenser après la mort, et qu'il faut bien se garder de confondre avec le liquide cérébro-spinal.

(1) *Mémoires sur les parties sensibles*, etc.
(2) In Haller, *Elem. phys.*, t. IV, p. 307.
(3) *Mém. sur les parties sensibles*, etc.
(4) *Mém. sur les parties sensibles*, t. II, p. 222.
(5) *Dissert. sur la sensibilité de la dure-mère*, dans *Traité de l'existence, de la nature des propriétés du fluide des nerfs*, in-8, p. 176. Berlin, 1765.
(6) Voir notre *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. I, p. 168.

Très riche en vaisseaux, la *pie-mère* est la membrane nourricière de l'encéphale et de la moelle. Elle semble encore avoir pour but de donner plus de consistance aux parties qu'elle recouvre, et de conserver ainsi leur conformation normale. Dépouillée de son névrilème, la moelle devient bientôt presque diffluente; le fait se reproduit, quoique avec moins d'évidence, pour le cerveau et le cervelet dépouillés de leur pie-mère. Sans doute Galien avait été trop loin (1) en disant que, sans cette membrane, la substance cérébrale perdrait toute cohésion; mais Vésale a été trop exclusif en rejetant complétement cette opinion.

La pie-mère, comme on le verra plus loin, paraît avoir aussi sous sa dépendance la sécrétion du liquide céphalo-rachidien.

Castell, Walstorf, Tosetti (2) ont mis cette membrane en contact avec du beurre d'antimoine sans obtenir des signes de douleur; cinq expériences faites avec le même caustique par Haller (3) établissent également l'insensibilité de la pie-mère que maintes fois nous avons eu occasion de constater nous-même.

Il en a été de même dans nos expériences sur l'arachnoïde : elle s'est toujours montrée insensible à toutes nos lésions mécaniques ou chimiques; et pourtant de nombreux exemples sembleraient tendre à prouver que les maladies peuvent y développer de la douleur, aussi bien que dans beaucoup d'autres organes qui, à l'état physiologique, paraissent dépourvus de toute sensibilité.

Du liquide céphalo-rachidien (4).

L'inspection la plus simple démontre que la moelle épinière est loin de remplir le canal rachidien, et qu'elle occupe à peine les deux tiers ou la moitié de cette cavité; d'un autre côté, la partie inférieure du canal présente une ampleur disproportionnée relativement aux nerfs de la queue de cheval qu'elle contient. Si, au volume de la moelle, on ajoute celui des enveloppes et des plexus veineux, on verra que l'espace intra-rachidien est loin encore d'être comblé.

Il en est de même pour le cerveau, qui ne remplit pas exactement la boîte du crâne, ce dont on peut s'assurer, surtout à la base de cet organe, au niveau des espaces sous-arachnoïdiens.

Il y a donc, entre le cerveau et les os du crâne, entre la moelle et la paroi interne du canal vertébro-sacré, un espace qui n'est pas occupé par des parties solides.

Il existe une couche de liquide entre la surface extérieure des centres nerveux et la dure-mère. — C'est à Cotugno qu'il faut surtout rapporter cette découverte, bien que cet auteur ne se soit pas expliqué d'une manière très nette sur l'existence de ce liquide chez l'homme vivant : ses recherches portèrent surtout sur des cadavres. Il constata l'existence d'une couche de liquide sur toute la surface externe de la pie-mère crânienne et spinale, couche plus épaisse au niveau de la base du crâne et dans le canal rachidien; il vit en outre que le liquide extra-cérébral com-

(1) *De usu partium*, lib. VIII, c. 8.
(2) *Mém. sur les part. irrit. et sens.*, t. II, p. 100, 110 et 201.
(3) *Id.*, t. I, p. 193.
(4) MAGENDIE, *Recherches physiolog. et cliniq. sur le liquide céphalo-rachidien*, Paris, 1842. — COTUGNO, *De ischiade nervosa in Thesaur. dissert.*, de Sandifort, 1769, t. II, p. 411, et dans le *Journal de physiologie expériment.*, t. VII, p. 83.

muniquait avec le liquide rachidien, et tous deux avec le liquide des ventricules. Voilà ce qu'il a observé après la mort. Il se posa la question de savoir s'il en était de même pendant la vie, et voulut d'abord la décider par des vivisections. Il reconnut que le liquide cérébro-spinal existait chez les poissons et la tortue marine ; mais il ne put jamais en vérifier la présence sur les chiens et les oiseaux. Le problème ne pouvait donc être résolu pour lui que par le raisonnement : un espace existe entre les centres nerveux et leur enveloppe osseuse ; cet espace, qui est rempli d'eau après la mort, ne peut être vide pendant la vie ; il ne peut contenir que de l'eau ou de la vapeur séreuse : mais cette vapeur ne pourrait, en se condensant, produire la quantité de liquide que l'on trouve après la mort ; on peut donc penser, avec quelque raison, que ce liquide existe chez l'homme vivant, ce que semblent confirmer les résultats des expériences faites sur les poissons et la tortue. Toutefois, Cotugno n'ose pas se prononcer d'une manière formelle, et reste dans le doute à cet égard (1).

De son côté, Haller (2) reconnut, entre la moelle et la dure-mère, l'existence d'un liquide qu'il compara au liquide que l'on trouve dans le péricarde, le péritoine, etc. « Ea in sede, inque imo imprimis sacco, quo medulla spinalis continetur, non infrequens, in fetu tamen frequentior est aquula... » Il rappelle que ce fait avait déjà été signalé par Stœhelinus (3), qui avait comparé le liquide en question au sérum du sang ; par Coiter, Bidloo, Boehmer (4), et qu'enfin ce liquide était décrit sous le nom d'*aqua limpida* dans les *Éphémérides des curieux de la nature* (5). Il ne doute pas que l'eau amassée dans les ventricules latéraux ne puisse descendre jusqu'à la partie inférieure de la moelle. Dans un autre endroit (6), Haller fait remarquer qu'une vapeur séreuse est exhalée continuellement, chez les animaux vivants, de la surface libre de la pie-mère et des ventricules.

Depuis Haller et Cotugno, aucun anatomiste ne fit mention du liquide cérébro-spinal jusqu'en 1825, époque à laquelle Magendie appela de nouveau l'attention sur un liquide qu'il crut d'abord avoir décrit le premier, et qui se trouve dans le crâne et dans l'épine de l'homme et des animaux. Son point de départ ne fut pas le même que celui de Cotugno ; celui-ci avait opéré sur des cadavres, Magendie arriva au même résultat par les vivisections. Après avoir enlevé les lames des vertèbres sur un chien vivant, il vit la dure-mère fortement tendue ; une ponction faite à cette membrane donna lieu à l'écoulement d'une certaine quantité d'eau limpide et transparente. La dure-mère s'affaissant, après la ponction, sous la pression atmosphérique, vint s'appliquer sur la moelle, dont elle était séparée auparavant par le liquide. Cette expérience ayant été faite plusieurs fois avec succès, Magendie la répéta sur

(1) Dans le 44e numéro de la *Gaz. médic.*, 1842, on a tenté de prouver que Cotugno admettait l'existence du liquide céphalo-rachidien pendant la vie, et l'on a cité à ce sujet la phrase suivante : *Quod igitur spatium circa spinalem medullam invenitur secundum naturam et est, et aqua impletur, et in cadavere nil pene habet varii ab eo quod in homine obtinet vivente.* Mais, en lisant ce qui précède, on voit que Cotugno a seulement voulu dire que l'espace auquel il fait allusion existe sur l'homme vivant et sur le cadavre, et qu'il a les mêmes dimensions dans les deux circonstances, sans affirmer pour cela que cet espace est rempli de liquide pendant la vie ; car un peu plus haut il s'exprime ainsi : *Veri humoris præsentiam, quam in homine vivo dubitamus, viventium quorumdam animalium dissectiones affirmant.* (*Op. cit.*, p. 91.)

(2) *Op. cit.*, t. IV, p. 87.

(3) *Ibid.*

(4) *Ibid.*

(5) *Ibid.*

(6) *Op. cit.*, t. IV, p. 23.

des cadavres humains, et put conclure qu'il existe, à l'état normal, une couche de liquide entre la surface extérieure des centres nerveux et la dure-mère : seulement il se méprit d'abord sur le siége de ce liquide, qu'il plaça dans la cavité de l'arachnoïde. Mais ce physiologiste ne tarda pas du reste à revenir de cette erreur, et combla la lacune laissée par Cotugno.

Il existe une couche de liquide dans la cavité des ventricules. — C'est un point sur lequel la science a singulièrement varié depuis Galien jusqu'à nos jours (1). Suivant Galien, Willis, Vieussens, Littre, Schneider, etc., les ventricules contiennent de l'eau dans l'état normal. D'après Coiter, Hilden, Bohn, Verduc, Lieutaud, Haller et Cotugno, ils sont lubrifiés par une vapeur séreuse qui peut se condenser sous l'influence de causes pathologiques.

Comme on peut le voir, presque tous les anatomistes du siècle dernier se refusaient à admettre un liquide dans la cavité des ventricules. Bichat, Meckel se rangèrent à cette opinion. Magendie s'est au contraire prononcé pour la manière de voir des anciens. Si, dans un certain nombre de cadavres, on trouve vides les cavités ventriculaires, c'est que ces cavités communiquent avec le tissu cellulaire sous-arachnoïdien, qui contient le liquide extérieur; mais si l'on met la tête dans une position déclive, qu'on arrive avec précaution au-dessus de la membrane des ventricules, on peut toujours, à l'aide d'une pipette, aspirer le liquide qu'ils renferment (2). D'un autre côté, ce liquide n'est pas dû à une vapeur condensée après la mort ; car, si, sur un chien vivant, on met à découvert l'intérieur des ventricules, « on aperçoit le liquide céphalo-rachidien qui monte et descend par flux et reflux en suivant la respiration et les efforts de l'animal (3). »

Il existe donc une couche de liquide à la surface extérieure du cerveau et dans l'intérieur des ventricules. Ici deux questions se présentent : Quel est le siége précis du liquide extra-cérébral ? Celui-ci communique-t-il avec le liquide ventriculaire ?

Siége du liquide céphalo-rachidien. — Haller ne s'explique pas d'une manière très précise à ce sujet : « Ea in sede (cauda equina), inque imo imprimis sacco, quo medulla spinalis continetur, non infrequens, in fetu vero frequentior est aqula (4). » Mais comme, quelques lignes plus bas, il ajoute que cette sérosité est exhalée par les artères du névrilème, il semble l'avoir placée dans le lieu qu'elle occupe réellement.

Cotugno pense également que le liquide qu'il décrit baigne la surface extérieure de la pie-mère.

Lors de ses premières recherches, Magendie regardait le liquide spinal comme contenu dans la cavité même de l'arachnoïde ; mais il changea bientôt d'opinion et démontra qu'il occupait le tissu cellulaire sous-arachnoïdien. On peut s'en convaincre facilement de la manière suivante : lorsque, sur un animal vivant ou sur son cadavre, on a incisé avec précaution la dure-mère et le feuillet pariétal, on voit le

(1) *Recherches historiques sur le liquide céphalo-rachidien*, par le docteur Jodin, à la suite du mémoire déjà cité de Magendie, p. 140.
(2) MAGENDIE, *ouv. cit.*, p. 83.
(3) *Ibid*, p. 125.
(4) HALLER, *op. cit.*, t. IV, p. 87.

feuillet viscéral, soulevé par un flot de liquide, venir faire hernie entre les lèvres de la plaie; il faut inciser ce feuillet pour que le liquide s'épanche au dehors.

De même, le liquide crânien, qui baigne toute la surface extérieure de la pie-mère, passe avec elle dans l'intérieur des circonvolutions, enveloppe toutes les origines des nerfs jusqu'à la sortie du crâne, et l'infundibulum et la glande pituitaire dont il pénètre le tissu; mais on le trouve surtout en grande abondance dans les divers *confluents* de la base du crâne.

Ainsi, le liquide céphalo-rachidien a son siége dans le tissu cellulaire intermédiaire à la pie-mère et à l'arachnoïde. Avant d'aller plus loin, il faut faire observer que ce tissu cellulaire est partout continu à lui-même, et que, par conséquent, les divers confluents crâniens sont en communication les uns avec les autres et avec le grand confluent spinal : cependant la faux du cerveau et la tente du cervelet sont des obstacles naturels qui s'opposent à ce que, obéissant aux lois de la pesanteur, le liquide qui baigne la face convexe des hémisphères descende constamment vers la base. Ce sont ces cloisons qui empêchent qu'un liquide coloré, introduit dans le tissu cellulaire sous-arachnoïdien de la partie supérieure d'un hémisphère, passe de cet hémisphère sur l'hémisphère voisin, ou pénètre jusque dans les grands confluents de la base du cerveau. Toutefois, ces obstacles ne sont pas insurmontables, et, dans les cas d'épanchements sanguins de la convexité des lobes cérébraux, on observe assez fréquemment une coloration rougeâtre dans le liquide spinal (1).

Communication du liquide ventriculaire avec le liquide sous-arachnoïdien. — Etablissons d'abord ce fait, que le liquide des ventricules latéraux communique avec le liquide du ventricule moyen par les ouvertures de Monro, et médiatement avec le liquide du quatrième ventricule par l'aqueduc de Sylvius. Le quatrième ventricule est donc en définitive le réservoir du liquide intra-cérébral. Or, à l'extrémité postérieure de ce ventricule, se trouve un orifice qui le met en rapport avec le confluent postérieur, et par suite avec le confluent spinal. Cette ouverture triangulaire, que Magendie appelle *orifice des cavités encéphaliques*, existe au niveau du *calamus scriptorius.* Elle est limitée en avant par le *calamus;* latéralement par deux replis de la pie-mère qui s'élèvent des bords de ce *calamus* et tapissent la face interne des lobules du bulbe rachidien; en arrière par le *vermis inferior*, revêtu d'une expansion de la pie-mère.

Avec quelque soin que l'on détache le cerveau, on rencontre toujours cet orifice non seulement chez l'homme, mais aussi chez les animaux. Magendie l'a trouvé chez le chien, les rongeurs, les ruminants et les oiseaux (2) : chez tous ces animaux, le liquide des ventricules, celui des lobes olfactifs communiquent avec le liquide sous-arachnoïdien, tandis que le liquide contenu dans la cavité des lobes optiques et du ventricule de la moelle lombaire paraît être renfermé dans des cavités closes de toutes parts.

En dernière analyse, toute la surface libre des centres nerveux, interne ou externe, est baignée par une couche de liquide. Ce liquide est non seulement étendu sur la superficie de l'axe cérébro-rachidien, mais il accompagne tous les nerfs spinaux jusqu'aux trous de conjugaison, tous les nerfs crâniens jusqu'à leur sortie du crâne.

(1) MAGENDIE, *loc. cit.*, p. 12 et 13.
(2) *Mém. cit.*, p. 124 et suiv.

Quantité du liquide céphalo-rachidien. — La quantité du liquide céphalo-rachidien est en raison inverse du développement de l'axe cérébro-spinal ; elle augmente dans les cas d'atrophie, diminue dans les cas d'hypertrophie. Aussi est-elle plus considérable chez les vieillards que chez les enfants, dont le cerveau est plus développé, chez les individus émaciés, chez ceux qui sont depuis longtemps dans un état de démence, etc. Elle varie aussi suivant la taille, suivant le temps qui s'est écoulé entre la mort et l'autopsie, car une partie du liquide passe toujours par voie d'imbibition dans les tissus ambiants.

La quantité normale, chez un homme de taille moyenne, est de 62 grammes, suivant Magendie. On peut en recueillir jusqu'à 372 grammes dans certains cas d'atrophie cérébrale.

Diverses causes pathologiques peuvent également augmenter la quantité du liquide céphalo-rachidien. Haller avait déjà noté ce phénomène dans le spina-bifida (1). On peut également le constater dans l'hydrorachis et l'hydrocéphale.

Composition chimique du liquide céphalo-rachidien (2). — Ce liquide est alcalin, il a une saveur salée. Lassaigne lui a trouvé la composition suivante chez une vieille femme : Eau, 98,564 ; albumine, 0,088 ; osmazôme, 0,474 ; chlorure de sodium et de potassium, 0,801 ; matière animale et phosphate de chaux libre, 0,036 ; carbonate de soude et phosphate de chaux, 0,017.

Sur un cheval : Eau, 98,180 ; albumine, 0,035 ; osmazôme, 1,104 ; chlorure de sodium, 0,610 ; sous-carbonate de soude, 0,060 ; phosphate et carbonate de chaux, 0,009.

Haldat a aussi reconnu dans ce liquide la présence de l'albumine et de l'osmazôme. D'après Couerbe, il contiendrait un réseau de globules analogues à ceux que l'on rencontre dans la substance cérébrale ; on y trouverait en outre de l'albumine, de la *cholestérine*, de la *cérébrote*, du chlorure de sodium, du phosphate de chaux, des sels de potasse et de magnésie. Au dire de ce chimiste, ce ne serait donc pas de la sérosité, mais un liquide spécial.

D'après Magendie (3), les substances, introduites dans la circulation par les veines, se retrouvent peu d'instants après dans le liquide céphalo-rachidien : le fait est facile à vérifier pour le cyanure et l'iodure ioduré de potassium. Le même auteur pense qu'il est possible que ce soit par cette voie que beaucoup de substances agissent sur l'économie, en se trouvant en contact direct avec les centres nerveux.

Les altérations qu'éprouve la composition du sang réagissent également sur la composition du liquide : il devient jaune dans l'ictère et la fièvre jaune, rougeâtre dans le scorbut et la fièvre typhoïde.

Sécrétion du liquide céphalo-rachidien. — Est-il sécrété par l'arachnoïde, comme le dit Cruveilhier (4), par la pie-mère, comme le pensent Haller (5) et Magendie ? A l'appui de son opinion, Cruveilhier établit ce fait, que les séreuses exhalent par leur face externe aussi bien que par leur face interne. Il est vrai que

(1) HALLER, *op. cit.*, t. IV, p. 87.
(2) MAGENDIE, *ouv. cit.*, p. 17.
(3) *Ouv. cit.*, p. 51.
(4) *Anatom. descript.*, t. IV, p. 553.
(5) *Elem. physiol.*, t. IV, p. 13, § 19.

l'on rencontre quelquefois des collections aqueuses en dehors des feuillets séreux ; mais ce sont là des faits anormaux, et l'on peut d'ailleurs rapporter l'origine de ces collections aussi bien au tissu cellulaire sous-séreux qu'à la séreuse elle-même.

Il est donc d'abord tout aussi probable que l'organe sécrétoire du liquide céphalo-rachidien est la pie-mère. Mais on a reconnu que, chez l'animal vivant, en mettant cette membrane à découvert, il s'en exhale un liquide qui devient encore plus apparent lorsqu'on a injecté dans les vaisseaux une certaine quantité d'eau tiède (1). On peut remarquer, d'autre part, qu'il y a exhalation de liquide dans les ventricules comme à la surface du cerveau (2) ; or, dans ces cavités, la production du liquide ne peut être attribuée qu'à la membrane ventriculaire ; et, comme cette membrane n'est, après tout, qu'une modification de la pie-mère, il ne répugne pas d'admettre que la pie-mère soit le siége d'une sécrétion identique dans toute son étendue.

Quoi qu'il en soit, toujours est-il que la sécrétion du liquide céphalo-rachidien s'opère avec beaucoup de rapidité. Magendie (3) a prouvé qu'on peut, à l'aide d'une ponction faite entre l'atlas et l'occipital, retirer presque tout le liquide céphalo-rachidien d'un animal vivant : si l'on ferme la plaie et qu'on répète l'expérience au bout de vingt-quatre heures, on voit que le liquide s'est reproduit à peu près avec la même abondance qu'auparavant. Ce phénomène peut même être constaté plusieurs fois sur le même animal. Ces expériences, faciles à répéter, nous ont donné des résultats analogues.

Mouvements du liquide céphalo-rachidien. — Le liquide céphalo-rachidien est agité d'un double mouvement isochrone aux mouvements respiratoires : pendant l'inspiration, il afflue dans la cavité spinale ; pendant l'expiration, il afflue dans le crâne et dans les ventricules.

On peut s'en assurer par des expériences directes. Pour cela, il suffit d'adapter un tube de verre, contenant un peu d'eau colorée, à la cavité sous-arachnoïdienne, derrière l'occiput. On voit la colonne colorée descendre à chaque inspiration, monter à chaque expiration (4). On peut aussi mettre sur un chevreau (5) l'intérieur des ventricules à découvert ; on voit le liquide, animé d'un mouvement de flux et de reflux, être aspiré pendant l'inspiration, être refoulé, au contraire, pendant l'expiration. Ce fait est encore plus sensible, si l'on verse un liquide coloré dans les ventricules.

Ce flux et ce reflux sont également faciles à constater dans les cas de spina-bifida : la poche diminue de volume lors de l'inspiration, elle se dilate pendant l'expiration, les cris, les efforts, etc.

Quel est le mécanisme de ce double mouvement ? Il repose entièrement sur la disposition anatomique des sinus de la dure-mère et des plexus veineux intra-rachidiens. Les premiers, placés entre deux feuillets fibreux, sont incompressibles ; ils ont une forme, un calibre, des dimensions qui ne varient pas sensiblement suivant les mouvements respiratoires ; les seconds, au contraire, ont des parois libres e

(1) Cette expérience, faite d'abord par Kaauw Boerhaave, a été souvent reproduite par Haller (*Loc. cit.*)

(2) Haller, *loc. cit.*

(3) *Op. cit.*, p. 39.

(4) Magendie, *ouv. cit.*, p. 40,

(5) *Ibid.*, p. 41.

sont, par conséquent, soumis à des alternatives de dilatation et de resserrement, comme toutes les veines du corps. Or, il est bien établi aujourd'hui qu'à chaque inspiration le sang veineux afflue de toutes parts vers la cavité thoracique; il se fait donc à ce moment un vide dans le canal rachidien; ce vide est immédiatement comblé par le liquide cérébral, qui est, pour ainsi dire, aspiré dans la cavité rachidienne. Réciproquement, lors de l'expiration, les veines intra-rachidiennes se gonflent, se distendent; le liquide obéit à cette compression et reflue vers l'encéphale.

Il faut, du reste, avouer que les vivisections et l'observation des faits de spina-bifida donnent une idée exagérée de l'étendue des mouvements du liquide céphalo-rachidien. On introduit en effet un nouvel élément dans la question, la pression atmosphérique, qui s'ajoute à l'effet de l'inspiration; et l'on n'apprécie pas l'influence de la résistance des parois osseuses, qui tend nécessairement à limiter le flux et le reflux du liquide.

Nous ne reviendrons pas ici sur les usages des replis de la dure-mère relativement au liquide cérébral; nous les avons indiqués plus haut.

Usages du liquide céphalo-rachidien. — Le liquide céphalo-rachidien exerce sur l'axe cérébro-spinal dont il baigne la surface, sur les membranes qui le recouvrent, une certaine pression dont on peut se faire une idée par la tension de ces membranes. Vient-on en effet à les perforer, le liquide jaillit au dehors.

C'est la pression excentrique du liquide céphalo-rachidien qui, pendant la vie intra-utérine, est, selon Magendie, l'antagoniste de la pression exercée sur la tête par les eaux de l'amnios; c'est elle qui protége alors seule les centres nerveux et qui en assure la configuration; c'est elle qui, tant que les os ne sont pas entièrement formés, tant que les sutures ne sont pas réunies, protége encore les organes encéphaliques contre la pression atmosphérique, contre les efforts extérieurs. La conformation normale de la tête est due à l'équilibre qui existe entre ces forces opposées. Si cet équilibre est détruit, si les forces extérieures ont plus d'énergie que la résistance du liquide, la paroi du crâne s'affaisse; si, au contraire, la pression excentrique du liquide devient supérieure aux forces extérieures, les dimensions de la boîte osseuse augmentent, le crâne se dilate et présente les caractères que l'on observe dans l'hydrocéphalie.

La pression du liquide céphalo-rachidien sur les centres nerveux ne serait pas moins importante à considérer. Diminue-t-elle, ce qui arrive, par exemple, aux animaux auxquels on soustrait une certaine quantité de liquide, aussitôt, suivant Magendie (1), toutes les fonctions nerveuses sont troublées, *les animaux cessent de se mouvoir régulièrement, d'autres tombent sur le côté et ne sauraient se relever*, quelques uns paraissent en proie à une anxiété, à une agitation extrême : je dirai tout à l'heure si réellement ces effets doivent être rapportés à la soustraction du liquide. Que la pression vienne, au contraire, à s'accroître par une augmentation dans sa quantité, l'animal tombe dans un état comateux, et il éprouve de véritables accidents de compression cérébrale. On peut s'en assurer en poussant dans le tissu cellulaire sous-arachnoïdien une injection d'eau à 31°; l'effet est instantané (2). De même,

(1) *Ouv. cit.*, p. 58.
(2) MAGENDIE, *ouv. cit.*, p. 30.

si l'on comprime avec la main les encéphalocèles ou les tumeurs qui caractérisent les cas de spina-bifida, le liquide, en refluant dans la cavité crânienne, détermine immédiatement des accidents de compression.

Mais le liquide sous-arachnoïdien n'est pas seulement, d'après Magendie, en antagonisme avec les pressions extérieures; il contre-balance la pression exercée par le liquide ventriculaire sur les parois des ventricules. Ici encore l'équilibre de ces deux forces est une des conditions dont dépendent la forme et les rapports des masses encéphaliques. Si la pression du liquide ventriculaire devient prépondérante, les cavités internes s'agrandissent aux dépens de l'épaisseur de leurs parois, les orifices et les canaux de communication se dilatent; alors aussi les accidents de compression cérébrale se manifestent avec plus ou moins de rapidité.

Il suivrait donc de ce qui précède que la présence du liquide céphalo-rachidien serait indispensable à l'intégrité de la forme et des fonctions du système nerveux.

Selon Magendie (1), ce liquide est également en rapport fonctionnel avec la circulation encéphalique. Accumulé à la base de l'encéphale, il protége les gros troncs artériels contre la compression que le poids du cerveau exercerait sur leurs parois si cet organe remplissait exactement la boîte crânienne.

C'est à tort, suivant moi (2), que les physiologistes admettent, d'après l'une des précédentes expériences, que la soustraction du liquide céphalo-rachidien occasionne un trouble notable des facultés locomotrices. Ayant évacué ce liquide entre l'occipital et l'atlas, après avoir divisé les parties qui recouvrent l'espace occipito-atloïdien postérieur, j'ai vu, en effet, les animaux abandonnés à eux-mêmes chanceler comme s'ils étaient ivres, leur corps se balancer de tous côtés comme s'il était successivement sollicité par des forces antagonistes; mais, chez les mêmes animaux (cheval, mouton, chien, chat, cabiai, lapin, etc.), m'étant borné à inciser les parties molles de la nuque, *sans donner issue au liquide céphalo-rachidien*, j'ai observé, avec quelque surprise, les mêmes phénomènes jusqu'à présent attribués à sa soustraction.

Dès lors, il devenait nécessaire de faire écouler ce liquide sans léser les parties musculaires et ligamenteuses de la région postérieure du cou: j'enlevai donc une seule lame vertébrale vers le milieu du dos; et si, à la suite de cette opération préalable, un peu de faiblesse survint (à cause de la plaie musculaire) dans le train postérieur, elle ne fut en rien augmentée par l'écoulement du liquide, et d'ailleurs les animaux (chiens) ne présentèrent aucunement la titubation si singulière que j'avais remarquée dans l'autre série d'expériences, après la simple division des parties molles de la nuque.

Mais on pouvait objecter qu'en procédant ainsi, j'avais donné issue à une quantité de liquide moins considérable qu'en perforant les membranes au lieu ordinaire d'élection, à la hauteur du quatrième ventricule, entre l'occipital et l'atlas; d'où l'absence de troubles dans la locomotion. Il fallait donc avoir recours à une contre-épreuve plus décisive.

Or, en variant les expériences, je n'ai pas tardé à reconnaître un fait important,

(1) *Ouv. cit.*, p. 135.

(2) Mémoire sur les troubles qui surviennent dans l'équilibration, la station et la locomotion des animaux, après la section des parties molles de la nuque. Dans *Gaz. méd.*, t. XIII, p. 565. 1845.

savoir, la possibilité d'évacuer le liquide au niveau du lieu d'élection, et en même temps d'isoler, pour l'observateur, les effets qui pourraient résulter de cette évacuation, de ceux qui surviennent aussitôt après la section des parties recouvrant le ligament occipito-atloïdien postérieur. Ainsi j'ai vu, chez les chiens, les chats, les lapins, etc., la titubation, l'incertitude dans la démarche, que j'avais produites en me bornant à diviser ces parties, disparaître *complétement* en trente-six ou quarante-huit heures : et, dès lors, le ligament occipito-atloïdien postérieur étant demeuré à découvert, la locomotion étant redevenue tout à fait normale, les conditions étaient on ne peut plus favorables à la fois pour extraire le liquide céphalo-rachidien et pour observer l'influence immédiate, si elle était réelle, de son extraction sur l'exercice régulier des organes locomoteurs. Malgré le soin que j'ai pris, au moment de la perforation des membranes, de faire crier les animaux, de gêner leur respiration, ou même, après avoir ouvert les membranes spinales, d'enlever une partie de la voûte crânienne (lapins), pour rendre l'écoulement du liquide plus facile et plus complet, dans aucun cas la démarche des animaux n'a présenté la moindre modification. Par conséquent, d'une part, on peut donner issue au fluide céphalo-rachidien sans déterminer aucun trouble dans les mouvements ; d'autre part, celui qui éclate d'une manière si brusque et si marquée, après qu'on a seulement divisé les muscles cervicaux postérieurs (avec le ligament sus-épineux, quand il existe), ne dure qu'un espace de temps assez court.

A propos de ce dernier résultat, qu'il me soit permis de faire observer qu'ici, pour expliquer la restitution prompte et intégrale des mouvements, il est bien impossible, comme l'ont toujours fait les expérimentateurs qui avaient d'abord évacué le liquide, d'invoquer sa reproduction rapide, puisque son évacuation n'avait point eu lieu d'abord.

Ainsi, évidemment, dans nos expériences, le rétablissement des fonctions locomotrices ne saurait pas plus dépendre de la reproduction du liquide céphalo-rachidien, que leur perturbation n'a pu dépendre de son écoulement; et jusqu'alors, par conséquent, la cause de l'apparition de ces phénomènes, aussi bien que la cause de leur disparition, a été entièrement méconnue.

Ne pouvant entrer ici dans la description détaillée de ces phénomènes (1), je me bornerai à mentionner brièvement la théorie qui m'a paru la plus rationnelle pour en rendre compte : elle se fonde sur leur extrême analogie avec ceux que Flourens a le premier signalés après les lésions directes du cervelet.

La flexion angulaire de la tête sur l'atlas, qui, chez les animaux indiqués, résulte de la section complète des parties musculaires de la nuque, nous semble devoir occasionner à la fois un tiraillement et une compression de l'axe cérébro-spinal, portant plus spécialement sur les parties qui avoisinent l'articulation occipito-atloïdienne. Ces parties sont le bulbe et la protubérance annulaire, *auxquels se lient tous les pédoncules du cervelet.* Or, ces moyens de transmission n'apportant plus qu'imparfaitement aux muscles l'influence coordinatrice de cet organe, on comprendra qu'il puisse en résulter les mêmes effets que s'il était lésé lui-même directement. D'ailleurs, je n'ai pas négligé de répéter souvent des expériences comparatives sur deux animaux de la même espèce : chez l'un, je lésais isolément le cervelet ; chez l'autre, je ne pratiquais que la section des muscles

(1) Voir, pour les détails des phénomènes dus à la section des parties molles de la nuque et les diverses conditions de leur production, notre *mémoire cité.*

cervicaux postérieurs, et j'ai toujours trouvé une frappante analogie dans les phénomènes.

Il est facile d'expliquer pourquoi on ne les produit point, quand on se borne à fléchir fortement la tête des animaux à l'aide de liens appropriés.

Dans ce cas, le mouvement se fait par un déplacement de toutes les vertèbres de la colonne cervicale, et, quoique les rapports des vertèbres entre elles soient très peu changés, il en résulte une courbe qui permet un abaissement considérable de la tête, sans lésion possible des masses nerveuses : au contraire, dans le cas où la flexion n'a lieu qu'après la section des parties molles de la nuque, la tête s'infléchit directement sur l'atlas, les autres vertèbres cervicales ne participent point à ce mouvement, et, quoique la flexion ne paraisse pas plus considérable que dans le cas précédent, elle s'est opérée au moyen d'un déplacement angulaire entre l'atlas et le contour du trou occipital, d'où résulte un angle qui fait saillie en dedans et comprime les parties de l'axe cérébro-spinal qui viennent d'être spécifiées.

En résumé : 1° La soustraction du liquide cérébro-spinal n'a aucune influence sur l'exercice régulier des organes locomoteurs ; au contraire, la section des parties molles de la nuque entraîne la perte immédiate de toute faculté de station et de locomotion régulières. 2° C'est à la division préalable de ces parties qu'on doit rapporter le trouble locomoteur attribué, jusqu'à présent, à la soustraction du liquide cérébro-spinal faite au niveau de l'espace occipito-atloïdien. 3° L'incertitude dans la station et dans la marche offre, d'ailleurs, la plus grande analogie avec celle qui résulte des lésions directes du cervelet, et paraît avoir pour cause la compression et le tiraillement, au niveau et au-dessus de l'atlas, des portions de l'axe cérébro-spinal auxquelles sont liés les pédoncules cérébelleux. 4° C'est par l'habitude que ces portions encéphaliques prennent si rapidement d'être comprimées et tiraillées, et non par la reproduction du liquide céphalo-rachidien, qu'on doit expliquer la restitution prompte des facultés locomotrices.

MOUVEMENTS DE L'AXE CÉRÉBRO-SPINAL.

A. Mouvements du cerveau.

Quand on applique la main sur la tête d'un enfant nouveau-né, au niveau des fontanelles, on sent manifestement une succession de mouvements dont le cerveau paraît être le siége. Lorsqu'on enlève, sur un animal, une portion assez étendue de la voûte du crâne, que la dure-mère soit intacte ou qu'elle ne le soit pas, on reconnaît également de la manière la plus évidente que le cerveau est agité d'un double mouvement, c'est-à-dire qu'il semble s'abaisser et s'élever alternativement. Ordinairement le phénomène n'est pas moins facile à constater chez l'homme, lorsqu'une portion de la voûte du crâne a été détruite par une lésion traumatique ou autre.

De ces faits que l'on peut vérifier tous les jours, et de ces expériences répétées avec succès par beaucoup de physiologistes, quelle conséquence peut-on légitimement déduire? Celle-ci, et seulement celle-ci : toutes les fois que les parois du crâne présentent une solution de continuité primitive et naturelle, comme chez

les jeunes enfants, ou accidentelle, comme dans les autres conditions dans lesquelles les observateurs se sont placés, le cerveau se meut incontestablement; ses mouvements peuvent être perçus par la vue et par le toucher.

Mais, lorsque le crâne est intact, qu'il est parvenu à son développement parfait, que toutes ses sutures se sont soudées, est-ce à dire pour cela que les mouvements du cerveau existent, bien qu'il soit alors impossible d'en constater directement l'existence? Non assurément, et c'est une tout autre question qu'il s'agit d'examiner.

Recherchons donc en premier lieu si, lorsque la boîte du crâne est intacte, les mouvements du cerveau sont possibles, quels que soient d'ailleurs la nature et le rhythme de ces mouvements. Remarquons d'abord que les os du crâne, considérés chez l'adulte, circonscrivent une cavité dont les diamètres sont invariables; rappelons que la dure-mère adhère intimement à ces os, si ce n'est dans quelques points fort peu nombreux; ajoutons enfin que l'intervalle qui sépare cette membrane de la surface du cerveau est occupé par l'arachnoïde, la pie-mère, le liquide céphalo-rachidien, les artères et les veines encéphaliques, et aussi par le sang qui remplit les divers sinus.

Ceci posé, il est évident que, pour que le cerveau puisse se mouvoir dans cette cavité, il faut le concours des deux circonstances suivantes : il est d'abord indispensable qu'un vide se fasse entre la dure-mère et la surface extérieure de la masse encéphalique : il faut ensuite, de toute nécessité, qu'une force motrice quelconque agisse au moment où ce vide se produit.

Or, peut-il se faire un vide entre la dure-mère et le cerveau? Tel est le premier point que nous ayons à discuter. De l'aveu de tous les physiologistes, et ce principe est d'ailleurs incontestable, ce vide ne pourrait avoir lieu qu'au moment de l'inspiration. Plusieurs circonstances en effet tendent alors à le produire. En premier lieu, le sang veineux qui remplit la cavité des sinus est aspiré dans la poitrine; il descend des sinus dans les jugulaires, des jugulaires dans la veine cave supérieure, de celle-ci dans l'oreillette droite : c'est un fait qui a été mis hors de doute par les expériences de Lorry, Haller, Lamure, Isid. Bourdon, etc. En second lieu, la circulation artérielle est ralentie au moment de l'inspiration, et ce ralentissement est très appréciable pour les carotides, ce qu'on explique par la direction verticale et ascendante que suit le sang de ces vaisseaux. Enfin, comme nous l'avons déjà dit (1), le liquide céphalo-rachidien qui baigne les masses encéphaliques reflue dans le grand réservoir sous-arachnoïdien du rachis.

Il semble au premier abord que, par le fait seul de ces causes réunies, il doive se faire un vide entre la dure-mère et la circonférence du cerveau, puisque les sinus et les artères contiennent moins de sang et que l'espace sous-arachnoïdien contient moins de liquide. Il faut encore noter qu'au moment de l'inspiration, par suite du même mécanisme, les veines du cerveau se vident en partie du sang dont elles étaient pleines, que les artères de cet organe lui apportent, dans un temps donné, une quantité de sang moins considérable qu'au moment de l'expiration, et que, par conséquent, la proportion des liquides qui entrent dans la composition du cerveau lui-même diminue. Examinons si les choses se passent réellement ainsi.

Faisons d'abord la part aussi large que possible à l'influence de l'inspiration sur le sang veineux des sinus. On sait que le volume de ces canaux ne varie pas sensi-

(1) Voy. *Mouvements du liquide céphalo-rachidien.*

blement dans leur état de plénitude et dans leur état de vacuité, que leurs parois restent toujours écartées l'une de l'autre : c'est sur ce fait anatomique que repose toute la théorie des mouvements du liquide céphalo-rachidien. Ainsi le volume des sinus ne diminue pas d'une manière appréciable.

Le volume des artères diminue-t-il, par le fait du ralentissement de la circulation artérielle au moment de l'inspiration ? Les expériences de Parry (1) prouvent le contraire ; jamais cet observateur n'a pu constater de changements sensibles dans le volume des artères et dans la quantité du sang que ces vaisseaux contiennent : d'autres physiologistes, Weitbrecht, Lamure, Bichat, étaient déjà arrivés à la même conclusion. Au moment de la diastole ventriculaire ou lors de l'inspiration, la vitesse dont le sang artériel est animé diminue ; voilà toute la différence.

A la vérité, quelques autres observateurs, et parmi eux Gerdy (2) et Flourens (3), etc., ont admis une dilatation des artères isochrone à la systole du cœur, une contraction de ces mêmes vaisseaux isochrone à la diastole. Mais ces changements sont si peu considérables, qu'il est impossible de leur accorder une importance réelle dans la question qui nous occupe.

Reste donc à apprécier quelle influence peut avoir le reflux du liquide céphalo-rachidien. Nous avons déjà noté que les expériences sur les animaux et les observations faites sur des malades affectés de spina-bifida donnent une idée exagérée des mouvements de ce liquide. Et d'ailleurs, ce n'est pas le liquide extra-cérébral qui reflue surtout dans le canal rachidien, c'est le liquide ventriculaire : en effet, nous avons fait remarquer, plus haut, que les divers replis de la dure-mère limitent singulièrement les mouvements du liquide sous-arachnoïdien du crâne. Ainsi la quantité du liquide qui baigne la surface externe du cerveau ne diminue pas sensiblement.

Or, s'il n'y a pas de diminution véritablement appréciable, au moment de l'inspiration, dans le volume des sinus et des artères, ni même dans la quantité du liquide sous-arachnoïdien, il est évident que la capacité relative du contenant ne varie pas. Voyons maintenant si le volume du cerveau, c'est-à-dire du contenu, diminue réellement.

Lors de l'inspiration, la circulation veineuse est accélérée, la circulation artérielle est ralentie ; il s'ensuit, comme nous l'avons déjà dit, que le cerveau contient en ce moment une moins grande quantité de sang, puisque, dans un temps donné, il reçoit moins de sang artériel et qu'il perd plus de sang veineux. De ce double phénomène on peut tirer deux conséquences fort distinctes : le cerveau diminue de masse ou de volume. Si c'est le volume qui diminue, il se fait nécessairement un vide dans la boîte crânienne ; si c'est la masse, il ne s'en fait pas. Or, on a voulu prouver que le cerveau descend, lors de l'inspiration, au-dessous de la limite que lui assignent les os du crâne : c'est dans ce but qu'ont été entreprises les expériences de Ravina, et que différents faits pathologiques ont été invoqués.

Ravina (4) commence par perforer le crâne d'un chien, puis il provoque une forte inspiration, et peut alors introduire un tuyau de plume entre la dure-mère et le cerveau. Dans une autre expérience, il place sur le cerveau mis à nu un

(1) *An exper. inquiry into the nature of the arter. pulse*. London, 1816.
(2) Gerdy, art. CIRCULATION, *Dict. de méd.*, t. VIII, p. 46, an. 1834.
(3) *Recherches expérimentales sur le système nerveux*, p. 368. Paris, 1842.
(4) *Specimen de motu cerebri; in* Mém. de l'Acad. de Turin pour 1811 et 1812. Turin, 1813 p. 61, à la fin du volume.

cylindre de liége et observe que ce cylindre s'abaisse d'une ligne dans une inspiration ordinaire; de trois, dans une inspiration plus énergique. Enfin, sur un autre chien, Ravina perfore le crâne et fait entrer à frottement, dans la perforation, un tube de verre gradué et rempli d'eau : le liquide disparaît pendant l'inspiration, revient sanguinolent pendant l'expiration, puis finit par disparaître totalement. De tous ces faits l'auteur conclut que, pendant l'inspiration, un vide se produit entre le cerveau et le crâne, que ce vide est comblé par le cerveau lui-même lors de l'expiration.

Cette conclusion, légitime au premier coup d'œil, nous semble néanmoins tout à fait erronée. Ravina n'a tenu compte, dans aucune de ses expériences, de la pression atmosphérique, et tous les résultats obtenus par lui peuvent facilement s'expliquer par l'intervention de cette pression.

Il est juste pourtant de dire qu'il a senti la portée de cette objection, puisqu'il a voulu la détruire par l'expérience suivante : une couronne de trépan ayant été appliquée sur le crâne d'un chien, Ravina introduit dans l'ouverture un cylindre de bois qui la ferme exactement; ce cylindre est creux et renferme un petit morceau de liége qui joue facilement dans son intérieur; le cylindre creux est ouvert inférieurement; supérieurement, il est fermé par un taffetas imperméable. Cet appareil étant placé, on vit le petit morceau de liége venir frapper l'opercule toutes les fois que l'animal faisait une expiration, descendre lorsqu'il faisait une inspiration (1).

Cette expérience est encore défectueuse. Ravina supprime la résistance des parois du crâne et ne la remplace par rien : l'animal est donc placé dans les mêmes circonstances que l'enfant dont les sutures ne sont pas soudées. Si les mouvements du cerveau se manifestent au niveau de l'ouverture, c'est par la même raison qu'un liquide s'écoule lorsqu'on perce le vase qui le contient; c'est une des conséquences du *principe d'égalité de pression.* Et d'ailleurs, cette expérience ne met pas à l'abri de la pression atmosphérique; l'appareil contient de l'air en équilibre avec l'air extérieur. S'il n'en était pas ainsi, lors de l'inspiration, au moment où, suivant Ravina, le cerveau s'abaisse, au moment où il se fait un vide entre cet organe et le crâne, l'opercule de taffetas serait crevé par la pression atmosphérique; c'est une expérience que connaissent tous les physiciens. S'il n'est pas crevé, c'est que l'appareil contient de l'air; si l'appareil contient de l'air, l'expérience est défectueuse, car cet air presse sur le cerveau, et cette pression explique l'affaissement de l'organe lors de l'inspiration.

Pour que des expériences de ce genre soient concluantes, il faut : 1° suppléer à la résistance de la boîte osseuse; 2° mettre le cerveau à l'abri de la pression atmosphérique : c'est ce qu'a fait Bourgougnon (2).

Voici de quelle manière a procédé cet expérimentateur, qui m'a rendu témoin des résultats qu'il a obtenus. L'appareil dont il s'est servi se compose d'un tube de verre terminé à sa partie inférieure par un ajutage en acier, de forme conique, et dont le tour extérieur est creusé en pas de vis : à la partie moyenne du tube est placé un robinet; à la partie inférieure se trouve un levier coudé à angle droit, mobile autour d'un axe transversal, et qui peut exécuter facilement des mouvements latéraux de va et vient. La branche horizontale de ce levier, qui est très courte, porte une petite plaque qui déborde inférieurement le niveau de l'ajutage; la branche verticale ne remonte pas jusqu'à la hauteur du robinet.

(1) *Mém. cit.*, p. 68.
(2) *Dissert. inaugur.* Paris, 1839.

Muni de ce petit appareil, Bourgougnon applique une couronne de trépan sur le crâne d'un chien, puis il visse son instrument dans l'ouverture qu'il a faite, et remplit d'eau le tube jusqu'aux deux tiers. Les résultats sont, du reste, les mêmes, que la petite plaque soit en contact avec les circonvolutions recouvertes par la dure-mère, par l'arachnoïde viscérale seule, ou qu'elles aient été dépouillées de ces deux membranes. Or, voici ces résultats : tant que le robinet est ouvert, l'on peut observer des mouvements du liquide et des battements du levier en rapport avec les contractions du cœur ; l'on peut également constater que la colonne de liquide s'abaisse pendant l'inspiration et qu'elle s'élève pendant l'expiration. Vient-on à fermer le robinet, à supprimer, par conséquent, la pression atmosphérique, et partant à substituer une colonne de liquide incompressible à une pièce d'os inextensible, ce qui revient absolument au même, on voit, lorsque toutes les précautions ont été bien prises, cette colonne liquide rester parfaitement immobile (1). Ceci prouve manifestement que le cerveau ne descend pas, dans l'inspiration, au-dessous du niveau des os du crâne, lorsqu'on s'est mis à l'abri de la pression atmosphérique, pression qui n'agit pas en effet sur les cerveaux d'adultes.

Les expériences de Ravina sont donc défectueuses ; elles ne prouvent pas ce que cet auteur voulait leur faire prouver. Le même reproche peut être adressé à toutes celles dans lesquelles on n'a pas cherché à neutraliser l'influence de la pression atmosphérique.

Si, comme on vient de le voir, le cerveau ne descend pas au moment de l'inspiration au-dessous du niveau des os du crâne, le volume de cet organe ne varie donc pas à ce moment ; et cependant il reçoit moins de sang artériel, il perd plus de sang veineux. Que se passe-t-il alors ? La masse seule du cerveau varie ; la proportion des parties liquides qu'il contient diminue.

Qu'il nous soit permis de résumer cette première partie de la discussion. Nous avons déjà vu que le volume du *contenant* (2) ne varie pas ; nous venons de voir que le volume de l'organe contenu ne varie pas davantage ; il est donc impossible qu'au moment de l'inspiration il se fasse un vide dans la cavité crânienne. S'il ne se fait pas de vide, il est impossible que le cerveau se meuve d'une manière quelconque ; car, si l'on excepte les mouvements de rotation autour d'un axe fixe, pour qu'un corps se meuve, il est indispensable, et ceci tombe sous le sens, qu'il existe d'abord un espace dans lequel il puisse se mouvoir.

Mais voici un autre résultat tout à fait inattendu auquel conduit l'examen de la question. Admettons pour un moment que, lors de l'inspiration, il se fasse un vide dans la boîte du crâne ; il est évident qu'il cessera d'exister au moment de l'expiration, puisque les causes qui le produisent auront cessé d'agir. Il faut donc que la force, en vertu de laquelle le cerveau serait mis en mouvement, agisse au moment de l'inspiration, c'est-à-dire tant que le vide existe. Eh bien, tous les observateurs, de quelque manière qu'ils aient compris les mouvements du cerveau, qu'ils aient admis des mouvements de soulèvement en masse, de locomotion, ou bien des alternatives d'expansion et de retrait de l'organe, ont vu que le maximum d'élévation

(1) *Thèse citée*, p. 12 et suiv.

(2) Nous entendons désigner par ce mot, non seulement la boîte osseuse, mais encore toutes les parties solides et liquides qui se trouvent entre le cerveau et les os du crâne.

du cerveau correspondait à l'expiration. Il s'ensuivrait que la force motrice agirait sur cet organe, à un moment où il n'existe point d'espace dans lequel il puisse se mouvoir. Il y a donc contradiction apparente entre les faits et les données du raisonnement : mais cette contradiction s'explique facilement.

En effet, admettons, pour un instant, que les parois du crâne soient molles et élastiques. Au moment de l'expiration, le cerveau, devenant le siége d'un plus grand afflux de liquides, tend nécessairement à augmenter de volume : si les parois crâniennes étaient molles, comme les parois abdominales, par exemple, elles se dilateraient, et la capacité du crâne augmenterait dans la proportion de l'augmentation de volume du cerveau ; puis, lorsque le cerveau diminuerait de volume au moment de l'inspiration, elles suivraient son mouvement de retrait, et la capacité du crâne diminuerait de toute la quantité dont elle s'était accrue au moment de l'expiration. Mais, tout au contraire, ces parois sont résistantes et inextensibles. Qu'en résulte-t-il ? Lorsque le cerveau tend à augmenter de volume, elles s'opposent à son expansion et supportent une pression excentrique de la part de cet organe. Si l'expansion du cerveau est bornée, c'est uniquement parce que cette pression excentrique est moins énergique que la résistance des parois. Que l'on vienne à supprimer ou à diminuer suffisamment cette résistance, comme chez les animaux dont la paroi crânienne a été ouverte plus ou moins, que l'on se place dans le cas où elle manque partiellement, comme chez les enfants, l'expansion du cerveau n'est plus limitée, elle se fait librement ; puis, à l'inspiration correspond une sorte de retrait de l'organe, et l'on observe alors un double mouvement alternatif du cerveau : bien plus, lorsque le crâne est en partie détruit, le cerveau tend à s'échapper au dehors, à déborder la solution de continuité, de là les encéphalocèles.

Ce n'est pas ici le lieu de discuter si ce double mouvement est isochrone aux mouvements respiratoires, à la diastole et à la systole ventriculaire, ou aux mouvements du thorax et aux contractions du cœur à la fois ; nous examinerons cette question plus loin. Ce que nous avons voulu établir, c'est que, tant que la paroi du crâne est intacte, il est impossible que le cerveau se meuve d'une manière quelconque dans la cavité crânienne, et nous croyons avoir suffisamment démontré cette proposition.

Il se passe néanmoins dans le cerveau des modifications en rapport avec les deux temps de la respiration ; mais ces modifications n'ont nullement trait au volume de l'organe. Au moment de l'inspiration, il y a raréfaction de la substance cérébrale, puisque celle-ci contient alors moins de liquides ; au moment de l'expiration, il y a condensation de la même substance, et cela explique pourquoi, malgré la quantité variable de liquides qu'il renferme, le cerveau remplit toujours exactement la cavité du crâne.

De tout ce qui précède, il résulte que, chez l'adulte, il n'existe pas de mouvements réels du cerveau, et les arguments que nous avons fait valoir, appuyés sur les expériences de Bourgougnon (1), suffisent pour justifier notre conclusion.

On peut cependant nous faire une objection. Si le cerveau ne se meut pas, à quoi sert l'arachnoïde ? A cela nous répondrons qu'elle est, pour ainsi dire, le vestige d'un état transitoire, état qui comprend les premiers temps de la vie, pendant lesquels cette membrane se trouve réellement en rapport avec les mouvements du cerveau. Mais, dira-t-on, pourquoi l'arachnoïde persiste-t-elle ? C'est un problème

(1) *Thèse citée.*

que nous ne saurions résoudre : seulement nous ferons observer que la moelle épinière, comme on le verra plus loin, n'est agitée d'aucun mouvement, et que néanmoins l'arachnoïde spinale est encore plus développée que l'arachnoïde cérébrale.

La doctrine qui vient d'être établie n'est pas nouvelle dans la science : il est vrai que les physiologistes qui l'ont adoptée n'ont peut-être pas exposé, avec toute la rigueur désirable, les arguments sur lesquels ils étayaient leur opinion. Toujours est-il qu'après avoir traversé avec des fortunes diverses les temps qui nous ont précédés, elle a trouvé de nos jours d'ingénieux défenseurs. Il n'est donc pas sans intérêt de la suivre dans ses développements successifs, et d'examiner en même temps la marche des théories contraires.

Historique des mouvements du cerveau. — L'observation la moins attentive devait faire constater l'existence des fontanelles chez les enfants, et il est singulier de voir qu'Aristote, qui résume assez complétement les connaissances de son époque, ne fasse pas mention des battements dont la tête est le siége dans les premiers temps de la vie. Il est pourtant difficile de croire qu'ils aient échappé à l'attention de ses prédécesseurs et de ses contemporains. Aristote se contente de faire observer que, chez les enfants, les sutures sont écartées et qu'elles se soudent tardivement (1).

Pline l'ancien, dans son *Proœmium ad histor. natur.* (2), s'étendant en style passablement déclamatoire sur la débilité de l'homme à sa naissance, note, parmi les conditions défavorables au milieu desquelles il se trouve alors placé, les battements des fontanelles : « Quando homini incessus? quando vox?.... quamdiu palpitans vertex summæ inter cuncta animalia imbecillitatis indicium? » Dans un autre passage, il attribue ce phénomène aux mouvements du cerveau : « Uni homini cerebrum in infantia palpitat nec corroboratur ante primum sermonis exordium (3). » Voilà qui est parfaitement exact et conforme à la réalité ; le cerveau se meut chez l'enfant ; l'observation directe n'en apprend pas davantage.

Galien, poussé peut-être par quelque besoin de théorie, est le premier qui nous parle des mouvements du cerveau chez l'adulte ; puis, sur cette hypothèse, il bâtit toute une théorie physiologique. Entre la dure-mère et la surface du cerveau, il existe un espace vide que l'on démontre par l'insufflation à l'aide du chalumeau. C'est dans cet espace qu'ont lieu les mouvements du cerveau (4). Quant à cet organe lui-même, il est le siége d'un double mouvement : pendant l'inspiration, les ventricules se dilatent (5), aspirent l'air extérieur par les trous ethmoïdaux (6), et le cerveau s'élève dans la cavité crânienne ; puis, dans l'expiration, il se contracte, diminue de volume et s'abaisse ; l'air qui remplissait les ventricules est expulsé

(1) *Hist. animal.*, l. VII, c. X, in *Aristotelis libri omnes ad cognitionem animal. attinenti cum Averrhoës comment.* Venetiis, 1572.

(2) *Hist. naturalis.* Paris. 1762. *Proœmium.*

(3) *Hist. natur.*, l. XI, c. XXXVII.

(4) « Ὁ δ' ἐγκέφαλος ἐν τῷ διαστέλλεσθαί τε καὶ συστέλλεσθαι, προσέρχεταί τε καὶ ἀποχωρεῖ κατὰ τὴν μεταξὺ χώραν τὴν κενήν. » *De adm. anatom.*, l. IX, cap. II, in *Galeni op. omn.*, t. II, 717. Lipsiæ, 1821.

(5) *Loc. cit.*

(6) *De instrumento odoratus*, c. IV.

par les sutures du crâne, par les trous ethmoïdaux et par le canal des nerfs olfactifs (1).

Ainsi, pour Galien, les mouvements du cerveau sont produits par une expansion et une contraction alternative de cet organe ; le cerveau est l'analogue du poumon ; au poumon correspond la bouche, au cerveau correspondent les narines (2). Nous n'insisterons pas davantage sur cette singulière hypothèse, ni sur les modifications que Galien fait subir à l'air extérieur, dans l'intérieur des ventricules, pour l'élaboration du principe vital et l'entretien de la chaleur animale (3) ; nous ferons seulement remarquer que, dans un article estimable d'ailleurs, publié dans le *Journal complément. du Dictionn. des Sciences médicales* (4), on lui prête une opinion dont nous avons en vain cherché les traces dans la collection galénique : c'est que « le mouvement du cerveau est produit par l'air qui s'élève et s'abaisse dans le canal vertébral. » Dans les traités *De usu partium*, *De admin. anat.*, *De Hippocratis et Platonis decretis*, *De utilit. respirat.*, ainsi que dans le traité *De instrum. odoratus*, nous n'avons trouvé qu'une seule théorie ; c'est celle dont nous venons de rappeler les traits principaux.

Après Galien, vient son commentateur Oribase. Pour ce dernier, comme pour son devancier, les ventricules antérieurs président à l'inspiration et à l'expiration du cerveau (5) ; le cerveau se meut sous l'influence d'une propriété inhérente à la disposition de ses fibres (6).

Dans le passage ci-dessous mentionné (7), Oribase, en se servant du mot *σφίγγειν*, paraît indiquer que les ventricules se contractent dans l'inspiration : ce qui nous confirme dans cette opinion, c'est que plus bas il ajoute, en donnant les résultats de ses vivisections, que, pendant les cris de l'animal, le cerveau *s'élève et se boursoufle* (8). Il en résulte qu'Oribase aurait saisi, entre les mouvements du cerveau et les mouvements respiratoires, un rapport que Galien avait interverti, et que Schlichting crut découvrir plusieurs siècles après. Le passage suivant d'Oribase est encore digne d'intérêt : « Le mouvement isochrone aux mouvements respiratoires se perçoit facilement chez les enfants.... mais il en est un autre que l'on constate évidemment chez les animaux dont le crâne a été préalablement détruit ; on voit alors des pulsations du cerveau qui ont le même rhythme que les pulsations des artères et du cœur (9). »

Voilà donc deux principes importants qui se font jour à travers d'incontestables erreurs : les mouvements du cerveau sont dans la dépendance des mouvements respiratoires et dans la dépendance des contractions du cœur. Ces principes, nous les verrons développés par les physiologistes du siècle dernier ; mais, par une inconcevable fatalité, ils sont mis à l'écart presque jusqu'au temps de Haller : de leur oubli ou des préjugés des auteurs qui ont écrit jusqu'à cette époque, naissent des systèmes plus bizarres encore que celui de Galien. En effet, dans la science se glisse

(1) *De usu partium*, lib. VIII, cap. VII.

(2) *De utilit. respirationis*, c. V.

(3) On peut, du reste, consulter à ce sujet un résumé succinct qu'Oribase a donné de la doctrine de Galien ; in *Oribasii anatomica e Galeno*, p. 78. Leyde, 1735.

(4) *Journ. complément.*, t. XXV, p. 127.

(5) *Oribasii anatomica e Galeno*. Texte grec avec traduct. latine, p. 9 et 50. Leyde, 1735.

(6) *Op. cit.*, p. 50.

(7) « Αὐτῷ κίνησιν ἡ φύσις ἔδωκεν σύμφυτον, ἐν μὲν ταῖς εἰσπνοαῖς ῥιπίζουσαν καὶ σφίγγουσαν, ἐν δὲ ταῖς ἐκπνοαῖς ἀποχέουσαν ἐνίοτε το φλεγματῶδες, καὶ βλένναν, καὶ κορύζαν. » *Loc. cit.*

(8) *Op. cit.*

(9) *Op. cit.*, p. 50.

insensiblement une nouvelle doctrine d'après laquelle les mouvements qu'on observe dans l'intérieur du crâne ont leur siége dans les méninges. D'où provient-elle ? Ce point est assez difficile à déterminer : Pacchioni (1) la fait remonter aux Arabes, sans donner à cet égard d'indications précises ; mais Lorry (2) la trouve déjà contenue dans une phrase de Rufus d'Éphèse qui dit en parlant de la dure-mère : *Movetur immoto cerebro*. Quoi qu'il en soit, les mouvements de la dure-mère furent assez généralement admis pendant le moyen âge et les deux siècles qui suivirent la renaissance, bien que plusieurs anatomistes, et entre autres Bérenger de Carpi (3), se fussent élevés contre cette manière de voir. Quelques physiologistes, Fallope à leur tête (4), les attribuèrent aux pulsations des artères de la dure-mère, Vésale (5), aux pulsations des artères contenues dans l'épaisseur de la pie-mère ; le plus grand nombre, avec Willis, Baglivi, Pacchioni, etc., leur assignèrent pour cause la contractilité propre des fibres de la dure-mère.

Ce n'est pas à dire pour cela qu'il ne soit pas question des mouvements du cerveau dans le laps de temps qui sépare Oribase de Schlichting : on les trouve mentionnés dans Guy de Chauliac (6) et dans A. Paré (7). Vieussens, qui admet les mouvements de la dure-mère et qui les attribue à l'effet du sang contenu dans les artères et les sinus, pense que le cerveau lui-même se meut : « Intro » foras necessario propelli, dum convexa cerebri pars intumescit, et foris intro » inclinari dum hæc detumescit (8). » Avant lui, Riolan (9) avait constaté les mouvements du cerveau sur des animaux trépanés et sur des malades dont le crâne avait été en partie détruit par des caries syphilitiques. Boerhaave ne put parvenir à les découvrir sur un mouton trépané : il est à croire néanmoins qu'il les admettait et qu'il avait même une idée du rapport qui les lie aux mouvements respiratoires ; car, en parlant de la manière de relever les fragments dans les fractures du crâne avec enfoncement, il ajoute : « Juvat sternutatio et animæ » retentio (10). »

Van Swieten a développé ce principe, et l'a justifié par des raisons théoriques. Comme son livre a été publié en 1742, il n'est pas probable qu'il ait eu connaissance des travaux de Schlichting, de Haller et de Lamure. Or, cette date n'est pas sans importance, car Van Swieten a parfaitement saisi le rôle des expirations brusques et exagérées, dans les mouvements d'élévation du cerveau : « Dum validissima expiratio fit, sanguis per pulmonem transire nequit ; hinc sanguis venosus » a capite rediens impeditur quominus se libere in cor dextrum evacuet ; unde » distenduntur omnia encephali vasa, simulque validissimo hoc concussu arteriosi » sanguinis augetur impetus ; sicque a binis his concurrentibus causis satis valide » distenditur totius encephali moles (11). » Quant aux efforts soutenus, *animæ retentio*, leur mode d'action est sensiblement le même. Je ne sache pas que l'on ait

(1) *De duræ meningis fabrica et usu*. Romæ, 1701.
(2) Premier mémoire sur les mouvements du cerveau et de la dure mère. Dans *Mém. de physiq. et de mathém.* présentés à l'Acad. des sciences, 1760, t. III, p. 277.
(3) Lorry, *Mém. cité*.
(4) *Observ. anatom.* in *Op. omn.*, p. 401. Francfort, 1600.
(5) *Loc. cit.*
(6) Cit. de Haller, dans *Elem. physiol.*, t. IV, p. 173.
(7) *Œuvres complètes* ; édit. de Malgaigne, t. II, p. 67. Paris, 1841.
(8) *Nevrographia univers.*, p. 14.
(9) *Anthropographia*, p. 304. Paris, 1626.
(10) Van Swieten, *Commentaria in Boerhaavii aphorismos*, t. I, p. 401. Paris, 1769.
(11) *Op. cit.*, p. 403.

encore signalé ce passage de Van Swieten ; et cependant, après l'avoir lu, on ne peut méconnaître que cet auteur n'ait fait faire un grand pas à la question, et que son nom ne puisse honorablement figurer à côté de ceux qui seront cités par la suite.

Nous voici parvenus à la première moitié du dix-huitième siècle : l'isochronisme que Galien et Oribase avaient entrevu entre les mouvements du cerveau et les mouvements respiratoires, éveille presque en même temps l'attention de Schlichting (1), de Haller (2), de Lamure (3) et de Lorry (4).

Schlichting, dont les travaux remontent à 1750, commence par établir que les mouvements du cerveau, chez les enfants et les animaux trépanés, ne dépendent pas de la dure-mère, puisqu'ils subsistent après l'ablation de cette membrane. Ce fait établit une démarcation bien tranchée entre les théories qui régnaient au dix-septième siècle, et celles qui se sont succédé jusqu'à nous : c'est un retour vers les traditions de l'antiquité. La dure-mère ne se meut pas ; lorsqu'on la voit s'abaisser et se relever sur un animal trépané, c'est qu'elle obéit à la pression atmosphérique dans un cas, et que, dans l'autre, elle est soulevée par le cerveau (5). Voilà assurément une réflexion judicieuse ; mais pourquoi Schlichting n'applique-t-il pas aux mouvements du cerveau le raisonnement qu'il applique aux mouvements des méninges? Il n'a vu qu'une partie de la vérité.

La dure-mère est donc immobile et reste toujours adhérente au crâne. Il se fait un vide entre elle et le cerveau lors de l'inspiration, ce vide est comblé par le cerveau lors de l'expiration (6) ; en effet, les mouvements de cet organe, que l'on observe sur les animaux trépanés, sont isochrones aux mouvements respiratoires : « Animadverti perspicue in omni expiratione cerebrum universum ascendere, id » est intumescere ; atque in quavis inspiratione illud descendere, id est, detumes- » cere (7). » A quelle cause faut-il rapporter ce synchronisme? quel est le principe des mouvements du cerveau? Ici s'arrête l'esprit peu audacieux de Schlichting ; il constate le phénomène, mais il se donne garde de l'expliquer et traite même assez durement ceux qui tenteraient de le faire (8).

Au reste, les vivisections lui prouvèrent qu'il existe, en outre, dans le cerveau, des mouvements qui ne sont pas isochrones à ceux de la respiration. Les mouvements précédents apparaissent surtout dans les convulsions ; quant à la question de savoir s'ils ont le même rhythme que les contractions du cœur, Schlichting ne la résout pas ; il penche néanmoins pour l'affirmative (9), et pense que ces mouvements particuliers dépendent des contractions rhythmiques des fibres cérébrales, ainsi que de la déplétion et de la turgescence alternatives des capillaires cérébraux (10).

(1) *De motu cerebri*. Mém. de l'Académ. des sciences. Sav. étrang., t. I, p. 113. Paris, 1750.

(2) *Mém. sur la nature sensible et irritable des parties du corps animal*. Lausanne, 1756, t. I, p. 158 et suiv. — *Elementa physiol.*, t. IV, p. 171 et *seq.* Lausanne, 1766.

(3) *Mém. sur la cause des mouvements du cerveau qui paraissent dans l'homme et les animaux trépanés*. Dans *Hist. de l'Acad. des sciences*, 1749, p. 541. Paris, 1753.

(4) *Mém. cité.*

(5) *Mém. cité*, p. 116.

(6) *Ibid.*, p. 115.

(7) *Ibid.*, p. 114.

(8) *Ibid.*, p. 117.

(9) *Mém. cité.*, p. 121.

(10) *Ibid.*, p. 123 et 124.

Schlichting laisse donc la question à peu près au point où l'avait laissée Oribase; ses conclusions sont peut-être même moins nettes que celles de l'auteur grec.

Les travaux de Haller et de Lamure présentent, au contraire, quelques vues importantes et tout à fait nouvelles.

Haller admet un double mouvement dans le cerveau : l'un est isochrone aux mouvements respiratoires, c'est celui qu'a décrit Schlichting avec le plus d'exactitude; l'autre est isochrone aux contractions du cœur. Quant au mécanisme du premier, il est facile à saisir (1) : pendant l'inspiration, il se fait un vide dans le thorax, le sang veineux afflue de toutes parts dans cette cavité, le cerveau s'abaisse par suite de la déplétion des sinus et des jugulaires; dans l'expiration, il y a des phénomènes inverses, c'est-à-dire reflux du sang dans les jugulaires et les sinus, soulèvement du cerveau. Haller admet donc que les mouvements du cerveau sont des mouvements de locomotion; mais il ajoute avec sa sagacité ordinaire, et ce passage est du plus grand intérêt : « Ipsum phænomenon in vivo animale, et » cranium habente integrum, non quidem potest eo usque progredi ut vere cere- » brum moveatur. Non tamen dubium est quin sanguis venosus in venas capitis et » cerebri magis possit colligi, venosum systema distendi, atque adeo id omne com- » primi, quod inter venas tumidas intercedit (2). » C'est une opinion que nous partageons de tout point.

Lamure est sur les faits d'accord avec Haller, bien qu'il n'insiste pas suffisamment sur l'influence de la circulation artérielle : quant à leur explication, il pense que, dans le mouvement d'élévation du cerveau, il y a non seulement soulèvement du cerveau, mais aussi turgescence de cet organe, par suite de la turgescence même des vaisseaux renfermés dans son intérieur. C'est, comme on le voit, une théorie éclectique dont les éléments se retrouvent dans celles de Haller et de Schlichting.

Le principal mérite de Lamure se fonde sur la variété des expériences qu'il a entreprises. Suivant lui, la ligature des carotides fait disparaître les mouvements du cerveau; ils reparaissent lorsque les ligatures ont été enlevées (3). D'après le même auteur, la ligature des jugulaires et la section des veines vertébrales ne font pas cesser les mouvements du cerveau (4); fait singulier que Flourens a expliqué par l'existence de communications entre les sinus de la dure-mère et les veines intra-rachidiennes. Enfin, c'est Lamure qui le premier a vu que, sur des cadavres d'animaux, on rétablissait les mouvements du cerveau en pratiquant la respiration artificielle (5), et que l'on ne pouvait au contraire les rétablir quand la veine cave avait été coupée (6).

La question paraissait décidée, lorsque Lorry la remit de nouveau en doute, tout en prétendant lui donner une solution définitive.

Les expériences qu'il tente sur des animaux trépanés lui donnent d'abord des résultats contradictoires : sur quelques animaux, il n'observe aucune espèce de mouvements du cerveau, ce qui était déjà arrivé à Volcher-Coïter (7); il est plus heureux

(1) *Elem. physiol.*, t. IV, p. 172. Lausanne, 1766.
(2) *Loc. cit.*
(3) *Mém. cité*, p. 543 et 545.
(4) *Loc. cit.*
(5) *Mém. cité*, p. 544 et 546.
(6) *Ibid.*, p. 551.
(7) *Mém. cité*, p. 299.

en choisissant pour ses vivisections de jeunes chats et de jeunes lapins (1), et il arrive, dès lors, aux mêmes résultats que Haller (2). Toutefois, il n'admet pas que ces mouvements soient constants chez les animaux trépanés, et il se demande s'ils existent chez l'homme dont le crâne est intact. Voici quelles sont ses conclusions à cet égard (3) : la boîte du crâne est entièrement pleine, il est donc impossible que le cerveau puisse se mouvoir ; celui-ci ne se meut que lorsque la résistance des parois a été détruite, et encore faut-il que la force agissant sur lui soit plus énergique que dans l'état normal, ce qui arrive lors des mouvements exagérés des muscles respirateurs et de l'accélération des contractions du cœur.

Nous avons parlé assez longuement des travaux de Haller, Lamure et Lorry, parce que, si l'on met de côté les expériences de Dorigny, ils contiennent en définitive tout ce que l'on a écrit, depuis, sur les mouvements du cerveau.

On voit que, pour Haller, les mouvements du cerveau sont fort contestables chez l'homme, dans l'état normal ; que, pour Lorry, ils n'existent pas. Il est presque à regretter qu'on ne s'en soit pas tenu à cette solution, et que l'on se soit surtout attaché aux détails, en négligeant le fond de la question. Sans doute il est curieux de rechercher pourquoi le cerveau se meut chez les animaux trépanés ; mais il est, suivant nous, bien plus important de savoir si ces mouvements préexistent à la trépanation.

Quoi qu'il en soit, à partir de cette époque, les physiologistes se sont partagés en deux camps : les uns ont nié les mouvements du cerveau lors de l'intégrité des parois du crâne ; parmi ceux-ci nous citerons Deschamps, qui reproduit les idées de Haller et de Lorry, en leur donnant plus de développement ; Pelletan (4) et enfin Bourgougnon. Nous ne reviendrons pas sur ces travaux, qui déjà ont été examinés. Les physiologistes du camp opposé ont admis ces mouvements ; les uns implicitement, en ne disant pas qu'ils n'existent point dans l'état normal ; les autres, et parmi eux Ravina (5), se sont efforcés d'en démontrer l'existence : ce sont encore des expériences et des raisonnements dont nous avons eu occasion d'apprécier la valeur.

Quant aux explications du phénomène, elles n'ont pas été non plus sans subir quelques variations dans cette période. Suivant Richerand (6), les mouvements du cerveau sont uniquement sous la dépendance des contractions du cœur ; ils sont produits par la systole et la diastole des artères de l'encéphale. Flourens a réfuté cette erreur (7). Voici, du reste, quelles sont les conclusions auxquelles l'ont conduit ses expériences : les mouvements du cerveau répondent aux mouvements de la respiration ; le cerveau s'élève pendant l'expiration, il s'abaisse pendant l'inspiration. Ces mouvements ne sont pas la conséquence d'un soulèvement et d'un abaissement du cerveau, mais bien d'une expansion et d'un retrait alternatifs de cet organe. (Notons en passant que cette opinion est celle de Schlichting, et qu'avant lui on la trouve indiquée dans Oribase.) L'expansion du cerveau correspond à l'expiration, elle est produite par la dilatation des artères cérébrales, point

(1) *Ibid.*, p. 300, 301 et 302.
(2) *Mém. cit.*, p. 304.
(3) *Mém. cit.*, p. 312 et 313.
(4) *Traité de physique*, t. I, p. 443.
(5) *Op. cit.*
(6) *Nouv. élém. de physiol.*, t. II, p. 373. Paris, 1833.
(7) *Recherches expériment. sur le système nerveux*, p. 340. Paris, 1842.

sur lequel Flourens n'est pas d'accord avec Parry, et surtout par le reflux du sang veineux : ce n'est pas que le reflux s'étende de l'oreillette droite jusqu'aux veines encéphaliques, mais il détermine la stase momentanée du sang dans ces vaisseaux. Le retrait ou, si l'on veut, l'abaissement du cerveau, correspond à l'inspiration. Ici trouve sa place un point de vue nouveau sur lequel Flourens a particulièrement insisté : le sang veineux qui, pendant l'expiration, reflue dans le cerveau et le gonfle, ne vient pas seulement des veines jugulaires et vertébrales, il vient aussi des sinus vertébraux ; et de même, au moment de l'inspiration, le sang veineux encéphalique est aspiré en partie par l'intermédiaire de ces mêmes sinus. Les expériences sur lesquelles l'auteur se fonde (1) ont été faites sur des lapins : elles sont d'ailleurs applicables à l'homme ; car, chez ce dernier, les sinus vertébraux communiquent avec les sinus crâniens, comme le prouvent les travaux de Dupuytren, de Breschet et de J. Cloquet sur les veines du rachis.

Magendie (2) a proposé une petite modification à la théorie de Haller : il a démontré que, dans les mouvements d'élévation du cerveau, la circulation artérielle ajoutait son effet à l'action du reflux veineux, en ce sens que, par suite de la réplétion des artères, les veines se trouvent elles-mêmes distendues.

Quant aux expériences de Dorigny, qui tendraient à placer les mouvements du cerveau sous l'influence directe de la force nerveuse, et non sous l'influence de la respiration et de la circulation, nous ne croyons pas devoir y insister, pensant que notre tâche doit se borner à interpréter les phénomènes réellement appréciables du système nerveux, et qu'il est inutile de nous lancer dans un monde fictif créé par des esprits plus ou moins ingénieux.

Résumé sur les mouvements du cerveau. — 1° Le cerveau ne se meut pas, chez l'adulte, tant que le crâne est intact ; il augmente de *masse* dans l'expiration, il diminue de *masse* dans l'inspiration, mais son volume ne varie jamais.

2° Il se meut, chez les enfants, tant que les sutures du crâne ne sont pas soudées ; il se meut également lorsque les parois du crâne ont été détruites dans une plus ou moins grande étendue, par des causes pathologiques ou des opérations.

3° Dans tous les cas, ces mouvements sont dus à des alternatives de turgescence et de déplétion des vaisseaux du cerveau, et non à une locomotion de cet organe ; la locomotion du cerveau est impossible.

4° Ces mouvements sont de deux sortes : les uns correspondent aux contractions du cœur ; les autres, aux mouvements respiratoires.

5° La turgescence ou élévation du cerveau correspond à l'expiration ; elle est produite par la stase du sang veineux dans les veines encéphaliques et par l'affluence plus considérable du sang artériel. L'abaissement du cerveau correspond à l'inspiration ; il est produit par l'afflux du sang veineux encéphalique vers les organes thoraciques, et par le ralentissement concomitant de la circulation cérébrale artérielle.

(1) *Ouv. cit.*, p. 360.
(2) *Journ. de physiol. expériment.*, t. I, p. 132.

B. Mouvements de la moelle épinière ?

Vieussens (1) est le premier qui ait appelé l'attention des observateurs sur ce point de la physiologie de l'axe cérébro-spinal. Ce n'est pas qu'il ait constaté directement les mouvements de la moelle épinière : bien loin de là, il ne cite pas un seul fait, il ne discute même pas la possibilité de ces mouvements ; toute sa théorie repose sur les mouvements hypothétiques de la dure-mère spinale, et n'est, après tout, qu'une déduction des idées de Fallope relatives aux mouvements de la dure-mère crânienne. Voici quel est le raisonnement de Vieussens : Il n'est pas douteux que la seconde enveloppe de la moelle (la dure-mère) ne soit le siége de battements ; en effet, la dure-mère crânienne n'adhère que très faiblement ou n'adhère même pas aux os du crâne ; elle n'embrasse pas étroitement le cerveau, elle est parcourue par un grand nombre de petites artères qui, par suite de leur systole et de leur diastole alternatives, lui impriment un véritable mouvement : or, la dure-mère spinale est précisément dans les mêmes conditions, elle n'adhère pas aux parois du canal vertébral, n'est pas en contact immédiat avec la moelle, elle est de plus parcourue par de nombreuses artérioles ; on peut donc admettre que le sang, qui se meut continuellement dans ces vaisseaux, lui imprime aussi une sorte de mouvement.

Comme on peut le voir, cette argumentation, qui n'est rien moins que concluante, est d'ailleurs basée sur quelques erreurs anatomiques et physiologiques. Elle ne devait pas néanmoins rester stérile entre les mains de Vieussens, et les prétendus mouvements de la dure-mère spinale eurent aussi leur application ; c'est là surtout que l'on retrouve l'influence des systèmes régnant à cette époque : « Sanguinis spinalem medullam irrigantis calidos halitus aliquandiu cohibet (secundum medullæ spinalis involucrum) simulque impellit, ne frigus externum, quod spiritui animali et nervis maxime inimicum habetur, ad ipsam perveniat..., denique in cinerea spinalis medullæ substantia spiritus animalis fluxui, per vim motus sui, quamdam addit velocitatem, eumque spinales protrudit in nervos (2)... » Vieussens n'a mis en circulation qu'une hypothèse plus ou moins ingénieuse, et encore n'a-t-elle trait qu'aux mouvements de la dure-mère rachidienne et nullement aux mouvements de la moelle. Il ressort même de la théorie de Vieussens que cet auteur regarde la moelle comme immobile.

Schlichting, dans un passage du mémoire que nous avons déjà cité (3), semble regarder les mouvements de la moelle comme indispensables ; mais il n'émet à ce sujet qu'une simple conjecture.

Ce sont également des conjectures que l'on rencontre dans Haller et dans Stahelinus : nous avons déjà eu occasion de les indiquer.

Burg (4) et Richard (5) paraissent être les premiers qui aient prétendu avoir constaté les mouvements de la moelle épinière : leurs observations ont été faites sur les enfants affectés de spina bifida lombaire. Dans le cas rapporté par Burg,

(1) *Neurographia universalis.*
(2) *Op. cit.*
(3) *Mém. cité*, p. 124.
(4) *Ephem. nat. cur.*, dec. II, obs. 58, p. 141.
(5) *Journ. de Méd.*, t. XXIX, p. 140. 1768.

la tumeur augmentait de volume pendant les efforts de la défécation. Chez le malade de Richard, « elle semblait se renfler un peu pendant l'inspiration qui était gênée, et s'affaisser pendant le temps de l'expiration. » Notons en passant que ces deux faits n'ont pas de valeur réelle dans la question qui nous occupe. Les phénomènes observés par Burg s'expliquent très bien par la présence du liquide céphalo-rachidien ; quand à ceux que rapporte Richard, ils sont en opposition tellement directe avec ce que tout le monde peut voir, qu'il faut évidemment n'en tenir aucun compte.

Ce fut aussi un cas de spina-bifida qui éveilla l'attention de Portal. La tumeur était située à peu de distance du crâne ; elle se gonflait manifestement lorsque le malade faisait une expiration, et le gonflement était d'autant plus sensible que l'expiration était plus violente (1). A l'autopsie, on trouva un canal occupant le centre de la moelle et communiquant avec le quatrième ventricule ; ces cavités étaient pleines de liquide.

Portal fut ainsi conduit à ouvrir le canal vertébral chez des chiens et des chats, et il crut voir que la moelle était agitée d'un double mouvement, qu'elle s'affaissait pendant l'inspiration, qu'elle se gonflait lors de l'expiration (2).

Mais, selon Portal, ces mouvements n'ont lieu qu'à la partie supérieure de la moelle ; jamais on ne peut les constater à la partie inférieure de cet organe, ni chez les animaux ni chez les enfants atteints de spina-bifida lombaire. Cette dernière assertion n'est pas exacte : dans les spina-bifida lombaires, on observe des mouvements isochrones aux mouvements respiratoires ; il est vrai qu'il n'est pas prouvé le moins du monde qu'ils soient produits par la moelle elle-même.

Ce qui d'ailleurs paraît assez singulier, c'est que Portal, qui n'admet pas les mouvements du cerveau dans l'état normal, pense que les mouvements de la moelle sont la conséquence obligée de l'immobilité du cerveau. Il croit qu'au moment de l'expiration, le sang qui gorge les sinus crâniens reflue dans les veines du rachis, et que la moelle est alors soulevée en même temps qu'elle est distendue (3) ; mais il ne songe pas qu'au moment de l'expiration, les veines du rachis sont tout aussi gorgées de sang que les sinus crâniens, et que le reflux dont il parle est alors impossible.

Magendie (4) partit d'un tout autre point de vue : le cerveau se meut sous l'influence des actes respiratoires ; il doit en être de même pour la moelle. Le principe posé, Magendie ouvrit le canal vertébral d'abord sur un lapin, au niveau de la huitième ou neuvième dorsale, puis sur un chien, vers la partie moyenne du dos ; *la dure mère fut laissée intacte.* Il fut alors facile de voir que cette membrane s'affaissait pendant l'inspiration, qu'elle était soulevée pendant l'expiration.

Mais ce sont encore là des phénomènes qui, toute autre objection étant écartée pour le moment, peuvent être attribués aux oscillations du liquide céphalo-rachidien. Il faut nécessairement éliminer cet élément du problème. Nous trouvons du reste d'autres expériences du même physiologiste dans lesquelles cette cause d'erreur a été mise de côté. « Je fendis la dure-mère, dit Magendie (5), dans toute l'étendue de l'ouverture faite au canal rachidien, et je pus aisément me con

(1) *Cours d'anatom. médic.*, t. IV, p. 66. Paris, 1804.
(2) *Loc. cit.*
(3) *Op. cit.*, p. 67.
(4) *Journal de physiol. expériment.*, t. I, p. 200. 1821.
(5) *Rec. cit.*, p. 202.

aincre que le mouvement avait lieu par le gonflement de la moelle elle-même. Cependant je ne voudrais pas assurer qu'il n'existe pas un léger soulèvement de l'organe, produit par la dilatation des grosses veines qui règnent dans toute la longueur t à la partie antérieure et latérale du canal des vertèbres.... » Toutefois, Magendie voue que ces mouvements sont tantôt apparents, tantôt à peine visibles, et que 'autres fois il est absolument impossible de les apercevoir.

Enfin, des expériences de Cruveilhier (1) il résulte que, « le liquide cérébro-pinal une fois évacué, la moelle épinière ne présente aucune espèce de locomoon. » La moelle est à la vérité susceptible d'allongement et de rétraction : elle s'alonge dans la flexion et revient sur elle-même dans l'extension de la colonne verébrale ; mais il est évident que, dans ce cas, c'est une propriété de tissu qui est nise en jeu, l'élasticité.

Il résulte de ce qui précède que les mouvements de la moelle épinière sont loin 'être démontrés, et que les observateurs sont en désaccord à ce sujet. Disons d'abord que les faits de spina-bifida ne prouvent rien, et qu'il en est de même des xpériences dans lesquelles on n'a pas incisé la dure-mère. Restent donc celles dans esquelles la moelle a été mise à nu : or, suivant Magendie, les mouvements de moelle n'existent pas constamment ; selon Cruveilhier, ils n'existent jamais. our adopter l'un ou l'autre sentiment, il m'importait donc d'avoir aussi recours l'expérimentation.

Mes recherches sur les faisceaux de la moelle et sur les racines des nerfs rachidiens 'ont fourni l'occasion d'ouvrir un assez grand nombre de fois le canal vertébral ur des animaux vivants ; je ne me rappelle pas avoir vu, dans un seul cas, des mouements de la moelle épinière. Cependant, mon attention n'ayant pas alors été fixée une manière spéciale sur ce point de physiologie, j'ai dû exécuter d'autres xpériences particulièrement dans le but de le vérifier.

Sur plusieurs chiens, j'ai ouvert le canal vertébral au niveau de la région dorsale, ns l'étendue de cinq centimètres environ ; la dure-mère et l'arachnoïde ayant é incisées, la moelle m'a paru complétement immobile, bien que les animaux sent des inspirations profondes. Puis, j'ai observé, sur d'autres, ce qui se passait niveau de l'espace altoïdo-occipital : la dure-mère et l'arachnoïde ayant été égament incisées, il fut facile de constater les mouvements du liquide céphalo-rachien ; les battements des artères vertébrales étaient aussi très visibles ; mais quant bulbe rachidien lui-même, il restait constamment immobile, quelle que fût nergie des mouvements respiratoires.

Ces expériences répétées sur des lapins ont conduit au même résultat.

Dans ces cas, il est une circonstance à laquelle il faut avoir égard et qui pourrait luire en erreur ; c'est que la moelle épinière suit tous les mouvements du rachis, 'elle s'accommode à toutes les courbures que prend la colonne vertébrale ; mais e conserve toujours à peu près les mêmes rapports, dans toutes les positions posles, avec les parois du canal rachidien.

Or, si la moelle ne se meut pas quand le canal rachidien est ouvert, elle peut core bien moins se mouvoir lorsqu'il est dans son intégrité. C'est une proposin qui nous paraît tellement évidente que nous nous abstiendrons de la démontrer r l'analyse : la discussion se reproduirait d'ailleurs la même que pour les mou-

(1) *Anatom. descript.*, t. IV, p. 208, Paris, 1845.

vements du cerveau, les mêmes éléments à peu près étant en présence dans le deux cas.

Nous ferons pourtant observer que la constitution de la moelle ne peut être l même au moment de l'expiration et au moment de l'inspiration, au moment de l systole et au moment de la diastole du cœur. Évidemment, dans un cas elle con tient plus de parties liquides, dans l'autre elle en renferme une moins grande pro portion ; mais elle ne change pas de volume, comme le démontrent l'expérimen tation et le raisonnement ; elle change seulement de masse.

Ainsi, 1° la moelle épinière ne présente ni des mouvements de locomotion, des mouvements alternatifs d'expansion et de retrait ; elle est immobile et conser toujours le même volume. 2° Ses vaisseaux propres contiennent plus de sang moment de l'expiration qu'au moment de l'inspiration, de sorte que la masse de moelle est plus considérable dans le premier cas que dans le second.

INFLUENCE DE LA CIRCULATION SUR LES FONCTIONS DE L'AXE CÉRÉBRO-SPINAL.

Si l'influence du système nerveux sur la circulation, sur la force et la rapid des contractions du cœur, est un fait notoire, incontestable, il n'est pas moi évident que les fonctions de ce système, comme celles de tous les organes, so placées sous la dépendance de la circulation. Pour que les fonctions de l'encépha s'accomplissent librement et complétement, il faut, avant toute chose, que cet orga reçoive une quantité suffisante de sang artériel et qu'aucun obstacle ne s'oppose retour du sang veineux ; c'est là une de ces vérités tellement palpables qu'il y aur perte de temps à essayer de la démontrer. Ce n'est pas pourtant qu'on ne rencontre cette règle d'apparentes exceptions : nous aurons occasion d'en signaler bien quelques unes, et d'indiquer en même temps les circonstances qui font rentrer faits dans la loi générale.

Si la question, prise dans son ensemble, ne paraît pas offrir tout d'abord un i térêt spécial, il n'en est pas de même quand on la décompose et qu'on l'étudie da ses détails. En jetant un coup d'œil sur le mode de distribution du sang arté dans les diverses parties de l'encéphale, on voit que ce sang y est apporté à la f par les deux artères carotides internes et les deux artères vertébrales. Il est v que ces vaisseaux se rendent, pour ainsi dire, dans un réservoir commun, le p lygone artériel de Willis ; que les artères carotides internes communiquent l'u avec l'autre ; qu'elles communiquent également avec les deux vertébrales ; que, p conséquent, la circulation des carotides peut quelquefois suppléer la circulation vertébrales, et réciproquement : mais il n'en est pas moins certain que toute partie postérieure de l'encéphale (bulbe, cervelet, protubérance, tubercules q drijumeaux) est soumise surtout à l'influence de la circulation des vertébrales ; tan que sa partie antérieure (lobes cérébraux, couches optiques, corps striés) est p spécialement dans la sphère d'action de la circulation carotidienne.

A défaut de l'anatomie qui justifie pleinement ces assertions, les faits patho giques et les expériences seraient là pour les confirmer. Or, s'il en est ainsi, il n pas sans importance de rechercher quelles sont les modifications qui peuvent sulter, pour les fonctions de l'encéphale, de la suppression de la circulation vertébrales ou de la circulation des carotides : les résultats ne sont pas les mê

dans les deux cas, mais on peut déjà dire, *à priori*, qu'ils seront d'autant moins tranchés que les voies de communication seront plus libres et plus larges entre les précédents vaisseaux. Il est une autre circonstance de laquelle il faut tenir compte, c'est le temps qui a été nécessaire pour déterminer l'arrêt du cours du sang dans tel ou tel tronc artériel ; on sait en effet que, toutes choses égales d'ailleurs, la suspension brusque de la circulation occasionne des accidents plus graves que l'oblitération lente et progressive des artères, précisément parce que, dans ce dernier cas, les voies collatérales ont eu le temps de se dilater. A l'appui de cette dernière proposition, il suffit de rappeler que Baillie (1) a trouvé les deux carotides oblitérées spontanément, sans que le malade qui présentait cette double lésion eût offert des symptômes cérébraux durant sa vie.

Suspension du cours du sang dans l'une des carotides. — On assure que la compression de la carotide primitive a été tentée un grand nombre de fois avec succès, dans des cas d'accès épileptiques ou de congestion cérébrale. Non seulement elle ne détermine point, dit-on, d'accidents cérébraux, mais elle peut heureusement modifier divers autres états pathologiques. Il serait donc permis de croire que, sous ce dernier rapport, cette compression a exercé une puissante influence sur les fonctions de l'encéphale.

Quant à la ligature de cette artère, elle a été très souvent pratiquée sur l'homme et sur les animaux. Chez le premier, elle a quelquefois été suivie, presque immédiatement, d'accidents mortels qui ne peuvent être attribués qu'à des lésions fonctionnelles du cerveau : une femme opérée du côté droit, par Key (2), tomba de suite dans une espèce de coma qui se termina par la mort. Des accidents analogues se montrèrent chez un homme opéré par Langenbeck (3) ; le malade mourut au bout de trente-quatre heures. Un malade, opéré par Dupuytren, mourut le sixième jour dans un état adynamique (4). Sur soixante-cinq cas rassemblés par Lenoir (5), trois fois la mort survint dans le délire et les convulsions.

La mort, par suite d'accidents cérébraux, est donc l'exception après la ligature de la carotide primitive : mais, à la suite de cette opération, on peut rencontrer un certain nombre d'accidents qui, sans être immédiatement mortels, n'en ont pas moins offert des circonstances intéressantes. Ainsi, quelques malades ont présenté un trouble plus ou moins prononcé et plus ou moins durable de la vue du côté correspondant à l'opération (6) ; ce phénomène s'explique d'ailleurs suffisamment par le trouble de la circulation ophthalmique. Chez d'autres, on a constaté une hémiplégie siégeant, en général, du côté opposé à la lésion (7) ; chez un assez grand nombre d'opérés, l'intelligence a paru notablement affaiblie.

Quant aux lésions matérielles qui se sont rencontrées dans l'encéphale à la suite de cette opération, elles ont été rarement notées : dans deux cas de ligature de la

(1) *Recherches expérimentales sur la ligature des artères carotides et vertébrales et des nerfs pneumo-gastrique, phrénique et grand sympathique*, par A. Cooper. — *Gaz. médic. de Paris*, p. 100. 1838.

(2) *The London med. Gazette. July*, 1830. — Il est vrai que la carotide gauche était déjà à peu près oblitérée : je reviendrai sur ce cas.

(3) *Arch. génér. de méd.*, t. XIX, p. 118.

(4) Sédillot, *Observ. de ligat. de la carotide.* Dans *Gaz. méd.*, p. 567. 1842.

(5) Art. CAROTIDES, dans le *Dictionn. des études médicales.*

(6) P. Bérard, art. CAROTIDES du *Dictionn. de méd.*, ou *Rép. gén. des sc. méd.*, t. VI, p. 427.

(7) Bérard, *art. cité.* — Lenoir, *art. cité.* — Sédillot, *observ. cit.*

carotide suivie d'hémiplégie, Vincent (1) et Sédillot (2) ont trouvé le lobe correspondant du cerveau ramolli et moins pénétré de sang que l'autre lobe.

Chez quelques malades, enfin, il y a eu syncope au moment de la constriction de l'artère; chez d'autres, on a observé des quintes de toux assez prononcées (3), qu'on pourrait expliquer par l'excitation du nerf laryngé supérieur.

En résumant ce qui précède, on voit que la ligature de l'une des deux carotides peut déterminer la mort; qu'elle a été suivie d'affaiblissement de l'intelligence, et quelquefois aussi de lésions du mouvement et de la sensibilité : ces dernières lésions ont pu être consécutives à des altérations de structure du cerveau, comme dans les cas rapportés par Vincent et par Sédillot. Quant aux troubles observés dans les phénomènes respiratoires, il est rationnel de les rapporter à la lésion du pneumo-gastrique.

Suspension du cours du sang dans les deux carotides. — La ligature des deux carotides a rarement été pratiquée sur l'homme. Nous avons déjà vu que l'oblitération de ces deux vaisseaux avait été suivie de la mort chez la malade de Key. Cependant Mussey (4) a lié, à douze jours d'intervalle, les deux carotides primitives, sans qu'il se fût manifesté d'accidents cérébraux. Le malade guérit.

Miller (5) a été conduit, par ses expériences, à déclarer que la ligature des deux carotides n'entraînait pas de conséquences fâcheuses chez les animaux. A Cooper (6), après avoir lié les deux carotides sur des chiens, n'a observé autre chose que l'accélération momentanée des mouvements respiratoires et des contractions du cœur, due sans doute à l'excitation du tissu de la paire vague.

Suspension du cours du sang dans les artères vertébrales. — Après la ligature des deux artères vertébrales sur un chien, A. Cooper (7) a noté les phénomènes suivants : à la suite de la première ligature, *dyspnée* qui s'accroît après l'application de la seconde; à la dyspnée succède bientôt une accélération des mouvements du thorax et des contractions du cœur; la sensibilité et les mouvements volontaires sont conservés, seulement le train antérieur est un peu affaibli.

L'animal succomba le septième jour aux suites d'un abcès profond du cou. On trouva à l'autopsie le polygone artériel de Willis plein de sang; les artères du cervelet étaient également remplies de ce liquide.

Le même auteur paraît avoir constamment observé la dyspnée, dans plusieurs autres expériences où il a pratiqué soit la ligature, soit la compression des artères vertébrales.

Suspension du cours du sang dans les artères vertébrales et dans les artères carotides. — Un fait assez singulier, c'est que la ligature de ces quatre artères n'amène pas *nécessairement* la mort : sur quelques animaux, on a pu constater les anastomoses qui suppléent les troncs principaux. Cependant, lorsque ces quatre

(1) *The Lancet*, t. II, p. 570.
(2) *Observ. cit.*
(3) Bérard, *art. cit.*
(4) *The Americ. Journ. of the med. sc.*, février 1830. — *Arch. génér. de méd.*, t. XXII, p. 553.
(5) *Mém. sur la ligat. des artères carotides. Gaz. méd.*, p. 107. 1843.
(6) *Mém. cité.*
(7) *Ibid.*

opérations ont été pratiquées sur le lapin, l'animal a toujours succombé immédiatement ; le même effet a eu lieu lorsqu'après la ligature des carotides on est venu à comprimer les vertébrales (1). A. Cooper a bien voulu nous rendre témoin de ces résultats, lors de la visite que nous lui fîmes en 1836.

Mais, sur les chiens, on a pu constater des cas de guérison dans les mêmes circonstances. Ainsi, sur un animal de cette espèce, A. Cooper lia le même jour les deux carotides et les deux vertébrales ; coma, stupeur, hémiplégie à droite, mouvements convulsifs : trois jours après, l'animal est en voie de guérison ; il se rétablit parfaitement. Sur un autre chien, la ligature des deux vertébrales est pratiquée huit jours après la ligature des carotides ; affaiblissement du train antérieur : le lendemain de la dernière opération, guérison. Enfin, sur un troisième chien, les vertébrales sont liées neuf jours après la ligature des carotides ; alors on constate qu'elles sont déjà dilatées, et néanmoins, au moment où les fils sont serrés, la respiration se suspend, l'animal meurt (2).

Les données fournies par la pathologie et les vivisections, dans la question qui nous occupe, conduisent donc à des résultats assez variables, puisqu'une même opération est loin de déterminer constamment les mêmes phénomènes, puisqu'elle entraîne quelquefois la mort par suite d'accidents cérébraux, et qu'elle est suivie de guérison dans d'autres cas. Cependant, au milieu de ces données contradictoires, deux faits nous paraissent saillants : le premier, c'est que la circulation carotidienne est surtout en rapport avec les fonctions intellectuelles ; le second, c'est que la circulation vertébrale est liée principalement aux fonctions respiratoires. Du reste, l'anatomie explique cette double influence des artères encéphaliques sur les phénomènes dont l'encéphale est le point de départ : en effet, les carotides envoient presque toutes leurs ramifications dans les lobes cérébraux, tandis que les vertébrales se distribuent aux parties postérieures de l'encéphale, et, entre autres, au bulbe rachidien, duquel émane le principe des mouvements respiratoires.

Maintenant, pourquoi les phénomènes consécutifs à l'oblitération de tel ou tel tronc artériel sont-ils variables? Pourquoi sont-ils plus ou moins durables chez tel ou tel sujet, dans telle ou telle espèce? Nous pensons, avec P. Bérard (3), que ces différences pourraient bien tenir au volume de la communicante de Willis. Plus elle sera développée, moins les accidents seront tranchés, moins ils seront localisés, moins aussi ils seront graves, et réciproquement.

Toutefois, il reste encore des cas qui nous paraissent inexplicables dans cette hypothèse : tels sont ceux dans lesquels la ligature des quatre troncs artériels, pratiquée simultanément, n'a pas entraîné la mort. Relativement aux cas de ce genre, rapportés par A. Cooper, on a constaté par quelles voies le sang avait pu encore parvenir jusqu'à l'encéphale. Des anastomoses existaient, d'une part, entre les branches œsophagiennes de la thyroïdienne inférieure et les branches pharyngiennes de la thyroïdienne supérieure, entre la cervicale ascendante et des rameaux provenant d'une des branches de la carotide externe ; d'autre part, entre les branches des vertébrales qui se distribuent aux muscles postérieurs du cou et les branches correspondantes des deux artères intercostales supérieures.

Nous ne croyons pas nous écarter de notre sujet, en notant ici les rapports

(1) A. Cooper, *Mém. cité.*
(2) A. Cooper, *Mém. cité.*
(3) *Art. cité* du *Dictionn. de méd.*

que Maignien (1) a indiqués entre le corps thyroïde et le développemen ainsi que les fonctions de l'encéphale. Suivant cet auteur, les lobes thyroïdiens bridés par des aponévroses résistantes, recouverts par l'appareil des muscles sous-hyoïdiens, seraient destinés à comprimer les carotides contre la colonne vertébrale e à diminuer ainsi l'afflux du sang vers les parties antérieures de l'encéphale. De leu volume proportionnellement très considérable dans la vie intra-utérine, il résulte, à cette époque, une prédominance dans la circulation vertébrale, et aussi un accroissement plus rapide et plus complet du cervelet, du bulbe et de la protubérance. Chez les mammifères, ils restent distincts et sont en rapport plus immédiat avec les carotides; aussi les lobes cérébraux sont-ils relativement moins développés que le reste de l'encéphale. Chez l'homme, au contraire, par suite de la présence de l'*isthme*, ils se portent davantage en avant et ne compriment les carotides que dans certaines circonstances; c'est lorsqu'il doit y avoir prédominance d'action des parties postérieures de l'encéphale, par exemple dans les efforts musculaires, le saut, la course, etc. Enfin, et comme complément, Maignien rappelle que, chez les crétins, dont le corps thyroïde est hypertrophié ou dégénéré, ces mêmes parties postérieures sont relativement plus considérables que les antérieures, précisément parce que la circulation des vertébrales est plus active et plus libre que la circulation des carotides.

Ces idées, qui n'ont encore été émises, pour ainsi dire, que sous la forme d'une esquisse et qui ont besoin de contrôle, seraient donc confirmatives des expériences d'Astley Cooper.

FONCTIONS DE LA MOELLE ÉPINIÈRE.

L'étude physiologique de la moelle épinière doit être faite sous deux points de vue bien distincts. D'une part, on doit envisager la moelle comme organe de transmission des impressions et du principe des mouvements; de l'autre, comme centre ou foyer d'innervation.

Jusqu'à la fin du dernier siècle, les physiologistes étaient habitués à assimiler cet organe à un gros nerf, et à considérer le cerveau comme la source *unique* de la puissance nerveuse. Rob. Whytt (2), Gilbert Blane (3), surtout Prochaska (4), en découvrant le double rôle du cordon rachidien, ont ouvert la voie nouvelle dans laquelle sont entrés tous les observateurs de notre époque : et pourtant, il semble que ce double rôle, démontré aujourd'hui par l'expérimentation, aurait dû être soupçonné plus tôt, puisque l'inspection anatomique fait voir, dans la moelle, non seulement de la substance blanche comme dans les cordons nerveux, mais encore de la substance grise comme dans les divers renflements de l'encéphale.

De la moelle épinière envisagée comme organe conducteur des impressions et du principe des mouvements volontaires.

Hippocrate (5), Celse (6) et Arétée (7) savaient déjà que les lésions graves de la moelle épinière détruisent le sentiment et le mouvement volontaire dans les parties

(1) Extrait d'un Mémoire, présenté à l'Institut, sur les usages du corps thyroïde, dans l'*Examinateur médical*, 1842.

(2) *Des vapeurs et des maladies nerveuses*, trad. franç., t. I, p. 265 et 295. Paris, 1767.

(3) *Philos. Transact.*, 1788, et *Select diss.*, p. 262.

(4) *Op. min. anat. physiol. et pathol. Argum. Pars secunda*, cap. IV. Viennæ, 1800.

(5) *De prædict.*, p. 100. Edit. de A. Foës.

(6) *De medicinâ*, lib. V, cap. XXVI.

(7) *Morb. acut. et diuturn.*, lib. I.

situées au-dessous du point affecté. Galien vint confirmer ce résultat clinique par de nouvelles observations sur l'homme (1), et surtout par des expériences variées sur les animaux (2).

C'est encore une autre vérité, depuis longtemps acquise à la science et établie sur des faits sans nombre, que l'abolition de la sensibilité et du mouvement a lieu dans le côté du corps correspondant à la moitié de la moelle où siége la lésion ; en un mot, que cet organe exerce, d'après l'expression reçue, une *action directe*. Irritez, sur un animal vivant ou récemment tué, la portion droite de la moelle séparée de l'encéphale, les convulsions éclatent à droite ; irritez la portion gauche, elles éclatent à gauche. Le contraire s'observe, comme on le sait, pour la plupart des autres parties de l'axe cérébro-spinal, qui exercent sur les organes une influence *croisée*.

Ainsi, de même que la section d'un nerf mixte entraîne la perte absolue de la sensation et du mouvement *volontaire* dans les parties auxquelles ce nerf se distribue, de même aussi ce résultat a lieu pour les organes situés au-dessous d'une section de la moelle : le nombre des organes alors soustraits à l'influence cérébrale varie d'ailleurs avec le siége et la profondeur de la lésion, comme il varie avec la hauteur et le nombre des filets lésés dans un tronc nerveux.

Sous l'un de nos points de vue physiologiques, la moelle épinière de l'homme et des animaux supérieurs se comporte donc, relativement à l'encéphale, exactement de la même manière que les nerfs crâniens qui sont en relation immédiate avec lui, et elle représente l'ensemble des nerfs du tronc et des membres : mais, il n'en résulte pas nécessairement que, sous le rapport anatomique, les faisceaux blancs qui la constituent ne soient, en réalité, que la somme des fibres nerveuses primitives destinées à ces parties, fibres qui, marchant parallèlement les unes aux autres, comme dans les troncs nerveux eux-mêmes, parviendraient ainsi jusqu'à l'encéphale. Ce n'est là qu'une hypothèse imaginée pour expliquer les actions nerveuses locales et distinctes ; car il n'est aucunement démontré que les fibres primitives des nerfs spinaux se continuent jusqu'au centre encéphalique. Au contraire, suivant plusieurs anatomistes, elles se terminent dans la moelle au point même où elles y aboutissent, en offrant une relation déterminée avec les fibres spéciales de cet organe : une pareille manière de voir, dans laquelle on suppose qu'en vertu d'un certain rapport préétabli la moelle remplacerait par ses propres fibres, dans l'encéphale, celles du tronc et des membres, sans qu'il y eût entre elles identité rigoureuse de nombre et même de nature, nous semble pouvoir non seulement rendre compte de la transmission distincte et locale des impressions ou du principe des mouvements tout aussi bien que l'autre théorie, mais encore fournir, mieux qu'elle, l'explication de certains phénomènes contradictoires que nous avons déjà mentionnés (p. 58 et 59).

Quant à la question de savoir si, indépendamment des fibres qui sont en relation fonctionnelle avec l'encéphale et les nerfs spinaux, le cordon rachidien en possède d'autres qui lui seraient réellement propres, elle a été résolue d'une manière contradictoire. Pour Volkmann (3), par exemple, dont les mesures comparatives ont été prises sur le cheval et sur une espèce de crotale, loin que la somme des fibres de la moelle dépasse celle des fibres des nerfs spinaux, elle lui serait

(1) *De locis affectis*, lib. IV, cap. VII.
(2) *De administ. anat.*, lib. VIII, cap. VI, VIII et IX.
(3) *Handwœrterbuch der Physiol.*, t. II, p. 482 et suiv.

inférieure : mais, comme le fait observer Valentin (1), il est difficile de croire à l'exactitude de pareilles mesures, puisqu'à une autre époque Volkmann lui-même, guidé par des calculs à peu près semblables, avait été amené à soutenir la thèse opposée, c'est-à-dire que la moelle possède vraisemblablement plus de fibres que l'ensemble des nerfs auxquels elle donne origine. C'est en effet à établir cette dernière opinion que tendent plusieurs faits d'anatomie comparée.

Quoi qu'il en soit, l'inspection de la surface extérieure de la moelle ayant légitimé depuis longtemps, aux yeux des anatomistes, la division de cet organe en plusieurs faisceaux, il restait aux physiologistes à s'enquérir de l'importante question de savoir si le mouvement et le sentiment n'auraient point, dans la moelle, des agents distincts de transmission.

Ce fut seulement en 1809 qu'Alexandre Walker (2), le premier, émit l'idée que les divers faisceaux médullaires pourraient bien avoir des attributions différentes ; idée ingénieuse qui devint le principe de l'une des plus grandes découvertes en physiologie.

Il n'est guère, dans les sciences physiologiques, de points qui aient éveillé davantage l'esprit d'investigation, qui aient donné lieu à des controverses plus animées, à des expériences plus nombreuses et aussi plus contradictoires : comme la plupart des vérités importantes, il semble que celle qui va nous occuper ait dû, pour ainsi dire, être soumise à diverses phases d'évolution, avant d'arriver à son entier développement. Puisse le lecteur discerner le vrai au milieu de tant d'avis contraires sur une question dont mes efforts, je l'espère, auront contribué quelque peu à dissiper l'obscurité !

« Les impressions, dit Walker, sont transmises par les racines antérieures des nerfs rachidiens à la moelle épinière, dont les *colonnes antérieures* ou *ascendantes* sont aussi en rapport avec les sensations; tandis que les racines postérieures sont les nerfs de volition ou de mouvement volontaire, et que les *colonnes postérieures de la moelle*, ou *descendantes*, ont la même fonction, c'est-à-dire président au mouvement. » Mais ce physiologiste n'avait tenté aucune expérience pour vérifier sa présomption d'ailleurs erronée, comme on le verra, en ce sens qu'elle attribue aux colonnes antérieures le rôle des postérieures, et *vice versâ.*

Ch. Bell (3) fut le premier qui, dès 1811, expérimenta sur les faisceaux antérieurs et postérieurs de la moelle épinière, dans le but de constater entre eux des différences fonctionnelles. « Sur un lapin tué à l'instant même, je trouvai, dit Ch. Bell, que l'excitation de la partie antérieure de la moelle causait des contractions musculaires, beaucoup plus constamment que l'excitation de sa partie postérieure; *mais j'éprouvai de la difficulté à léser isolément ces deux parties.* » Malgré le résultat douteux de son expérience, le physiologiste anglais n'en admit pas moins l'influence motrice exclusive de la colonne médullaire antérieure.

Dans une note fort courte sur le siége du mouvement et du sentiment dans la moelle épinière, Magendie (4) s'énonce en ces termes : « Si l'on met à nu la moelle, et si on la touche ou la pique doucement en arrière, l'animal donne des signes d'une exquise sensibilité; si, au contraire, on fait les mêmes tentatives sur

(1) *Rapport annuel*, par Eisenmann et Canstatt, t. I, p. 245. 1845.
(2) *Arch. of universal science*, t. III, p. 172. Juillet 1809. — *Documents and dates of modern discoveries in the nervous system.* London, 1839.
(3) *An idea of a new anatomy of the brain.* London, 1811.
(4) *Journ. de physiol. expériment.*, t. III, p. 153. 1823.

la partie antérieure, *les indices de sensibilité sont à peine visibles*..... Pour peu que l'on touche aux cordons postérieurs, on obtient des contractions très prononcées *dans les muscles qui reçoivent leurs nerfs inférieurement à l'endroit touché. Les contractions ne se montrent que du côté du cordon que l'on irrite.* »

Dans un autre ouvrage (1), le même auteur, contredisant l'une de ses précédentes assertions, déclare que « le faisceau antérieur de la moelle a une sensibilité très manifeste, » et détruit, par conséquent, le caractère différentiel qu'il avait d'abord établi entre ce faisceau et le postérieur. De plus, Magendie accorde à ce dernier une influence directe et *locale* sur le mouvement, quand il dit que « les contractions ne se montrent que du côté du cordon postérieur que l'on irrite. » Nous verrons que c'est là le véritable rôle du cordon antérieur, et qu'au contraire l'excitation du précédent détermine, de la part de l'animal, des *mouvements généraux* de réaction contre les douleurs qu'il endure.

Bellingeri (2) suppose que les deux faisceaux dont nous parlons sont exclusivement en rapport avec le mouvement; que l'antérieur préside aux mouvements de flexion, et le postérieur à ceux d'extension : les impressions, suivant lui, seraient transmises à l'encéphale par la substance grise de la moelle. Je prouverai plus bas que de pareilles opinions sont inadmissibles.

Schœps (3) et Rolando (4) induisent de leurs expériences que les deux cordons de la moelle épinière jouissent des mêmes prérogatives, c'est-à-dire que l'un et l'autre sont à la fois conducteurs de la sensibilité et du mouvement : les recherches de Calmeil (5) l'ont amené à la même conclusion. De plus, il ajoute que « la substance grise du cordon rachidien *suffit* pour transmettre les impressions au cerveau et pour provoquer des sensations. »

Backer (6), après la section des faisceaux postérieurs, a vu survenir la paralysie du mouvement dans les membres pelviens, quoique les faisceaux antérieurs fussent demeurés intacts. Toutefois, au lieu de conclure que les cordons postérieurs président au mouvement aussi bien que les antérieurs, le physiologiste hollandais s'explique un pareil résultat par la pression qu'il a dû exercer sur ceux-ci en coupant les premiers; et il essaie de confirmer son assertion en ajoutant que toute possibilité de mouvement n'avait point disparu, puisqu'après l'administration de la strychnine, des spasmes violents s'emparaient de tout le corps de l'animal, ce qui n'avait point lieu quand les cordons antérieurs avaient été divisés. Je donnerai plus loin la véritable explication de la paralysie du mouvement observée par Backer, après la section des faisceaux postérieurs.

Seubert (7) avoue lui-même que toutes ses tentatives ne lui ont pas fourni des résultats satisfaisants.

Quant à J. Muller (8), dont les recherches expérimentales se sont bornées exclu-

(1) *Leçons sur les fonct. et les malad. du syst. nerv.*, t. II, p. 153. Paris, 1839. *Lin. ult.*

(2) *De medulla spinali nervisque ex ea prodeuntibus*, etc. Turin, 1823.

(3) *Arch. de Meckel.* 1827. — *Journ. complém. du Dictionn. des sc. méd.*, t. XXX, p. 114 et suiv. Avril 1828.

(4) *Sperimenti sui fascicoli del midollo spinale.* Torino, 1828. — *Journ. complém. du Dictionn. des sc. méd.*, t. XXX, p. 159 et 204. Avril et mai 1828.

(5) *Rech. sur la struct., les fonct., et le ramollissem. de la moelle épinière.* Dans *Journ. des progrès*, t. XI, p. 77, 1828.

(6) *Comment. ad quæst. physiolog. a Facult. medic. Acad. Rheno-Traject.*, an. 1828, *propositam.* Utrecht, 1830.

(7) *Comment. de funct. radic., ant. et post. nerv. spinalium.* Badæ, 1833.

(8) *Physiologie du syst. nerv.* Trad. de Jourdan, t. I, p. 354. Paris, 1840.

sivement aux racines des nerfs spinaux, il n'hésite point à affirmer que « l'*hypothèse* dans laquelle les faisceaux antérieurs de la moelle sont regardés comme moteurs, et les postérieurs comme sensitifs, *n'a pour elle aucune preuve satisfaisante, ni expérimentale, ni pathologique*..... »

Une pareille assertion ne saurait surprendre, après des expériences aussi contradictoires, et assurément elle eût trouvé une nouvelle confirmation dans le récit de celles qui vont suivre.

D'expériences faites sur des grenouilles et des lapins, Valentin (1) conclut, à l'exemple de Bellingeri, que les fibres nerveuses des muscles extenseurs passent dans les faisceaux postérieurs de la moelle, et celles des muscles fléchisseurs dans les faisceaux antérieurs du même organe. Mais ce physiologiste va plus loin que Bellingeri : ainsi il prétend que l'excitation des faisceaux postérieurs, à leur surface (sur une coupe transversale de la moelle, pratiquée derrière le *calamus scriptorius*), détermine l'extension des membres thoraciques, tandis qu'une irritation portée dans la profondeur de ces faisceaux donne lieu à l'extension des membres pelviens; que l'excitation superficielle des cordons antérieurs provoque la flexion des membres thoraciques, tandis que la stimulation dirigée dans l'épaisseur de ces mêmes cordons entraîne la flexion des membres abdominaux. D'où il faudrait conclure que les fibres nerveuses, influençant la flexion ou l'extension des membres abdominaux, se rapprochent de l'axe de la moelle épinière à mesure qu'elles montent vers l'encéphale; toutes celles des membres thoraciques, qui ont un trajet moindre à parcourir, restant à la surface de la moelle. Valentin suppose encore, sans appuyer sa conjecture sur aucune preuve expérimentale, que les fibres sensitives, destinées à la face dorsale des membres et correspondantes aux fibres nerveuses motrices des muscles extenseurs, aboutissent aux cordons antérieurs, et que celles des nerfs sensitifs, correspondantes aux fibres nerveuses motrices des muscles fléchisseurs, passent dans les cordons postérieurs. Il croit pouvoir expliquer de cette manière l'antagonisme des muscles fléchisseurs et extenseurs. Enfin, suivant le même physiologiste (2), les faisceaux antérieurs de la moelle tiendraient sous leur dépendance les mouvements péristaltiques des viscères abdominaux, et les faisceaux postérieurs régiraient leurs mouvements antipéristaltiques.

Budge (3) admet aussi que les cordons postérieurs de la moelle contiennent des fibres motrices (4), attendu, dit-il, que leur excitation occasionne des mouvements qui s'affaiblissent après leur section. Quant au cours des fibres, il diffère de sentiment avec Valentin : chez les mammifères, les fibres nerveuses qui animent les muscles extenseurs se retrouveraient dans les cordons antérieurs, et celles qui animent les muscles fléchisseurs seraient contenues en partie dans les cordons antérieurs et en partie dans les postérieurs. Chez la grenouille, les fibres primitives des nerfs destinés aux muscles extenseurs seraient, dans la moelle, situées plus en arrière que celles des nerfs propres aux muscles fléchisseurs : cette opinion a été aussi adoptée par Engelhardt (5) qui croit l'avoir confirmée par ses expériences.

Plus récemment, Harless (6) a entrepris de démontrer que les mouvements de

(1) *De functionibus nervorum cerebralium et nervi sympathici.* Bernæ, 1839, p. 134.
(2) *Op. cit.*, p. 136.
(3) *Untersuchungen über das Nervensystem.* 1841, p. 15, 27, 39, 51.
(4) Depuis mes expériences, Budge paraît avoir abandonné cette opinion, d'après le dire de SCHIFF, de Francfort.
(5) MÜLLER'S, *Arch.* 1841, p. 206.
(6) MÜLLER'S, *Arch.* 1846, p. 74.

flexion sont influencés par la portion supérieure de la moelle jusqu'à la cinquième vertèbre cervicale, et ceux d'extension par sa portion inférieure.

Van Deen (1) pense avoir établi que la substance blanche des cordons antérieurs, *seule*, sert au mouvement, mais que ces cordons, *avec leur substance grise*, servent aussi bien à la sensibilité qu'au mouvement; que la substance blanche des faisceaux postérieurs est exclusivement destinée au sentiment, et que ces faisceaux, même avec leur substance grise, ne servent encore qu'à la sensibilité. Toutefois, le physiologiste hollandais prétend que les faisceaux blancs postérieurs, seuls, ne transmettent pas aisément les impressions au cerveau, tandis que cette transmission est facile quand la substance grise postérieure est encore en contact avec eux. Enfin, les faisceaux blancs antérieurs, seuls, c'est-à-dire dépourvus de leur substance grise, sont considérés par Van Deen comme impropres à communiquer directement aux muscles, par les racines antérieures, l'influence de la volonté, mais comme pouvant néanmoins déterminer quelques oscillations dans les fibres musculaires. Cet expérimentateur croit encore que, par l'intermédiaire de la substance grise, les impressions peuvent se transmettre des faisceaux postérieurs aux antérieurs. Ajoutons que, depuis la publication de son premier ouvrage, Van Deen (2) a avancé que l'excitation mécanique de la moelle épinière, si elle n'atteint pas directement les fibres des racines motrices ou celles des racines sensitives, ne détermine ni contractions ni douleur.

Les résultats précédents offrent quelques analogies avec ceux qui ont été publiés, l'année suivante, par Stilling : mais il existe aussi entre eux des différences essentielles qu'il va être facile de saisir.

Quant aux expériences de Kürschner (3), elles se rapprochent également en beaucoup de points de celles de Van Deen qui les a critiquées, avec une certaine amertume, comme étant moins décisives que les siennes (4).

D'après Stilling (5), la substance grise postérieure est sensible, qu'elle soit ou non en rapport avec la substance blanche postérieure, qui cesse de l'être quand on a détruit la première; les substances blanche et grise antérieures, unies ou séparées, sont insensibles. La substance grise postérieure, est indispensable à la transmission des impressions vers l'encéphale, et tant qu'il en reste une petite couche établissant une communication entre les parties inférieures et les parties supérieures, le sentiment persiste dans tous les points situés au-dessous de la section, même complète, des cordons blancs postérieurs : de même, après la section des cordons blancs antérieurs, les mouvements volontaires persistent plus ou moins, tant qu'il existe une couche de substance grise antérieure propre à maintenir la communication avec l'encéphale. Ainsi, pour Stilling, la substance grise de la moelle serait l'agent essentiel sans lequel la substance blanche ne saurait plus remplir aucun rôle en rapport, soit avec le sentiment, soit avec le mouvement : cette conclusion est plus absolue que celle de Van Deen, sans être plus vraie.

Avant d'exposer les résultats de nos propres expériences, résumons, en peu de mots, toutes ces opinions si contradictoires sur le siége distinct du sentiment et

(1) *Traités et découvertes sur la physiologie de la moelle épinière.* Leyde, 1841.
(2) *Froriep's neue Notizen.* 1843, t. XXV, n° 549, p. 323.
(3) *Über die Function der hinteren und vorderen Stränge des Rückenmarks.* 1841.
(4) VAN DEEN. *Ouv. cit.*, préf., p. VII, p. 206 et suiv.
(5) *Untersuchungen über die Functionen des Rückenmarks und der Nerven.* Leipzig, 1842.

du mouvement dans la moelle épinière, et sur les propriétés des diverses parties constituantes de cet organe (1).

Les *faisceaux postérieurs* de la moelle président aux mouvements d'extension (Bellingeri, Valentin, etc.); aux mouvements de flexion (Budge, Harless, etc.); à la fois à ces deux ordres de mouvements et à la sensibilité (Meckel, Schœps, Rolando, Calmeil, Jobert); exclusivement à la sensibilité (Ch. Bell, Backer, etc.); exclusivement au mouvement (Alex. Walker); plus à la sensibilité qu'au mouvement (Magendie, Seubert, etc.); aux contractions antipéristaltiques des viscères abdominaux (Valentin).

Les *faisceaux antérieurs* de la moelle président aux mouvements de flexion (Bellingeri, Valentin); aux mouvements d'extension (Budge, Harless); à la fois à ces deux ordres de mouvements et à la sensibilité (Meckel, Schœps, Rolando, Calmeil, Jobert); exclusivement à la sensibilité (Alex. Walker); exclusivement au mouvement (Ch. Bell, Backer); plus au mouvement qu'à la sensibilité (Magendie, Seubert); aux contractions péristaltiques des viscères abdominaux (Valentin).

Suivant la plupart des expérimentateurs, les *faisceaux postérieurs* sont toujours sensibles; mais, d'après Stilling, ils cessent de l'être quand on a détruit leur rapport avec les cornes postérieures de substance grise, et, selon Van Deen, ils ne sont doués de sensibilité dans aucun cas.

Les *faisceaux antérieurs* sont tout à fait insensibles (Calmeil, Backer, Seubert, Jobert, Stilling); ils sont très sensibles (Magendie (2), Budge). Leur excitation ne provoque point de contractions musculaires (Calmeil, Jobert, Van Deen); elle ne manque jamais d'en produire (Ch. Bell, Backer).

La *substance grise* de la moelle épinière transmet à l'encéphale les impressions périphériques du tronc et des membres, mais elle n'est pas conductrice du principe des mouvements (Bellingeri, Calmeil); le principe des mouvements, aussi bien que les impressions, ne saurait se propager normalement sans le concours de cette substance (Van Deen, Kürschner, Stilling). Au contraire, aux yeux d'un grand nombre d'autres physiologistes, le rôle de la substance grise est tout à fait nul sous ce double rapport fonctionnel. Les cornes postérieures de la substance grise sont sensibles, suivant Stilling; elles sont aussi insensibles que tout le reste de la moelle, selon Van Deen.

En voyant l'opposition et la contradiction de ces résultats, ne dirait-on pas qu'il s'est agi d'observer une espèce de Protée se montrant à chacun sous des formes différentes, et que les adversaires des vivisections doivent triompher dans leurs attaques? S'il est vrai qu'ici plus qu'ailleurs l'expérimentation soit hérissée de difficultés et les illusions nombreuses, il faut redoubler d'efforts, de sagacité dans l'observation et l'interprétation des faits, en restant bien convaincu que les expériences, convenablement exécutées dans les mêmes circonstances, donnent des résultats constants, qu'elles ne se contredisent jamais.

En disant, d'une manière très succincte, ce que nous avons vu, nous contrôlerons les observations d'autres expérimentateurs, afin de signaler ce qu'elles renferment, suivant nous, d'inexact et d'erroné.

(1) Voy. pour plus de détails, mon Mémoire intitulé : *Rech. expér. et path. sur les propriétés et les fonctions des faisceaux de la moelle épinière et des racines des nerfs rachidiens* : précédées d'un Examen historique et critique des expériences faites sur ces organes, depuis Ch. Bell. Paris, 1844. Dans *Archiv. génér. de méd.*

(2) D'après Magendie (1822), ils sont *à peine* sensibles; (1839) ils sont *très* sensibles.

Dans un travail basé sur un grand nombre d'expériences et d'observations pathologiques (1), je me suis efforcé de lever tous les doutes sur le siége distinct de la sensibilité et de la motricité dans la moelle épinière.

Ayant constaté, comme la plupart des expérimentateurs, l'exquise sensibilité des faisceaux médullaires postérieurs, et, de plus, ayant donné la démonstration expérimentale de la *complète insensibilité* des antérieurs, j'ai d'abord fait connaître le caractère différentiel le plus tranché entre les *propriétés* de ces deux faisceaux.

Afin de découvrir un caractère différentiel aussi prononcé entre les *fonctions* de ces mêmes parties, j'eus recours à l'électricité, qu'on n'avait point encore employée dans les conditions suivantes :

Ayant fait choix d'animaux supérieurs (chiens adultes), je mis à nu la portion lombaire de la moelle et la coupai transversalement au niveau de la dernière vertèbre dorsale, de manière à avoir deux segments, l'un *caudal*, l'autre *céphalique ;* puis, après avoir attendu le temps suffisant pour que les effets d'*action réflexe de la moelle* eussent disparu [et ils disparaissent rapidement chez les animaux supérieurs *adultes* (2)], j'appliquai successivement et comparativement les deux pôles d'une pile modérément forte aux faisceaux postérieurs et aux antérieurs du bout caudal de la moelle.

Dans le premier cas, les résultats furent toujours négatifs, c'est-à-dire qu'aucune secousse convulsive ne se manifesta dans le train postérieur de l'animal ; tandis que, dans le second, des contractions musculaires énergiques s'y montrèrent d'une manière constante.

Ces expériences, si souvent reproduites, dont on trouvera tous les détails dans le Mémoire précédent et dans notre *Traité d'anatomie et de physiologie du système nerveux*, révèlent donc, entre les cordons médullaires, des différences fonctionnelles aussi incontestables que celles qui existent entre les deux ordres de racines des nerfs spinaux.

Plus récemment, ayant eu encore recours à l'électricité, j'ai été assez heureux pour fournir de nouveaux arguments en faveur de la distinction qui vient d'être établie. Dans des expériences qui me sont communes avec Matteucci (3), j'ai reconnu, en variant le sens du courant électrique, que l'influence de ce courant diffère totalement dans ses effets, quand elle s'exerce sur des nerfs exclusivement moteurs (*racines spinales antérieures*), ou sur des nerfs mixtes (*nerf sciatique*, etc.) dont l'action est à la fois centrifuge et centripète : ainsi, à un moment déterminé, les premiers excitent les contractions musculaires seulement au commencement du *courant inverse* et à l'interruption du *courant direct*, tandis que les seconds ne les font apparaître qu'au commencement du courant direct et à l'interruption du courant inverse. Or il importait de rechercher comment réagiraient, avec le courant inverse ou direct, les faisceaux antérieurs de la moelle elle-même. Après avoir coupé celle-ci transversalement au niveau de la douzième vertèbre dorsale, et incisé

(1) *Mém. cit.*, *Archiv. gén. de méd.* 1841.

(2) C'est là une des raisons qui m'ont fait choisir les chiens adultes pour ces sortes d'expériences : les manifestations d'action réflexe cessent beaucoup plus lentement chez les tout jeunes chiens que chez les premiers, et, quand elles ont cessé, il n'est pas rare de les voir bientôt reparaître par le repos.

(3) Sur la relation qui existe entre le sens du courant électrique et les contractions musculaires dues à ce courant. Dans *Annal. de chim. et de phys.*, 1844, et dans *Annal. medic. psychol.*, même année.

la dure-mère qui revêtait son bout caudal, nous avons divisé et écarté les racines antérieures et postérieures au niveau de la longueur des faisceaux antérieurs sur laquelle nous nous proposions d'agir ; puis, ayant dépouillé ceux-ci de la pie-mère dans les points où devaient être appliquées les extrémités des réophores, nous avons constaté que les contractions survenaient, après l'extinction de toute *action réflexe*, dans le train postérieur de l'animal, seulement au commencement du courant inverse, et à l'interruption du courant direct, c'est-à-dire comme avec les racines antérieures. Aussi, le moindre doute sur la mission *exclusivement* motrice des faisceaux antérieurs de la moelle nous semble-t-il désormais impossible, puisque, sous l'influence des courants direct et inverse, ces faisceaux réagissent constamment à la manière des racines spinales antérieures dont l'action est seulement centrifuge, et non à la manière du sciatique, par exemple, dont l'action est centripète et centrifuge, c'est-à-dire sensitivo-motrice.

Je dois ajouter que, tout pouvoir réflexe ayant disparu dans le bout caudal de la moelle divisée, chez le chien, la stimulation des faisceaux postérieurs n'a jamais donné lieu à la moindre contraction musculaire, *quel que fût d'ailleurs le sens du courant électrique.*

Maintenant, je crois devoir exposer les motifs qui me font préférer mon mode d'expérimentation à celui qu'on avait mis en usage jusqu'alors.

Tous les expérimentateurs, qui ont eu occasion d'ouvrir le rachis sur les animaux adultes des classes supérieures, doivent savoir qu'aussitôt que la moelle spinale, *même encore entourée de son liquide et de la dure-mère*, a été mise à nu dans la région des lombes, il survient déjà un tel affaiblissement de l'action nerveuse, que les animaux ne se soutiennent presque plus sur leur train postérieur, et que la sensibilité y devient à peine appréciable. Mais, dans l'intention de diviser isolément tel ou tel faisceau, à peine a-t-on incisé la dure-mère et donné écoulement au liquide cérébro-spinal, que cet état fâcheux se prononce davantage ; l'animal tombe sur son train de derrière frappé de paralysie, et les téguments peuvent en être profondément incisés sans qu'il s'éveille, d'une manière apparente, aucune sensation douloureuse. Dans de pareilles conditions, comment pouvoir arriver à la certitude que l'animal a conservé encore ou perdu le mouvement ou la sensibilité par la section de l'un ou de l'autre faisceau médullaire, puisque déjà la faculté de sentir et celle de se mouvoir n'existent plus d'une manière appréciable ? Vu leur position relative, comment être sûr de ne diviser que les faisceaux postérieurs sans empiéter sur les antérieurs ? Mais, après l'incision de la dure-mère et l'écoulement du liquide cérébro-spinal, les conditions de sensibilité et de mouvement fussent-elles demeurées normales, que, comme le prouvent la pathologie (1) et les expériences, ces deux facultés seraient compromises par la destruction des seuls cordons postérieurs de la moelle ; d'où la conclusion, formulée par des expérimentateurs, que ces cordons influencent *directement*, et à la fois, la sensibilité et le mouvement. Il est vrai, pourtant, que ce double effet pourrait survenir sans prouver en rien l'action directe de ces derniers cordons sur la faculté de se mouvoir ; en effet, comment un animal, qui, par la destruction même des faisceaux postérieurs, a perdu la sensation des mouvements exécutés par ses membres abdomi-

(1) Voy. les faits pathologiques relatifs à la moelle dans mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. I.

naux, qui n'a plus conscience de leur attitude, qui ne sent plus avec ceux-là le sol sur lequel il pose, pourrait-il marcher régulièrement, conserver son équilibre, et faire agir ces membres avec leur énergie, leur promptitude et leur harmonie premières? Quoi qu'il en soit, cette explication, basée sur la solidarité qui existe entre les actes moteurs et les actes sensitifs, pourrait ne pas paraître plausible à tous, et dès lors *ce procédé par section* serait justement accusé d'insuffisance, même en admettant qu'il fût exécutable dans les conditions normales que nous avions supposées. Au contraire, le procédé dans lequel nous faisons usage des irritants mécaniques et électriques, pour rendre manifeste la différence fonctionnelle des faisceaux médullaires, peut toujours être appliqué, puisque, malgré l'insensibilité des membres, les faisceaux postérieurs ne cessent point d'être sensibles à un irritant immédiat, et que les antérieurs conservent longtemps leur excitabilité, c'est-à-dire leur pouvoir, quand on les irrite directement, de faire naître des secousses convulsives, même dans des parties paralysées des mouvements volontaires.

Parmi les opinions diverses que nous avons mentionnées, celle de Bellingeri mérite une réfutation. Si, comme l'avance ce physiologiste, les faisceaux antérieur et postérieur présidaient exclusivement aux mouvements; si les mouvements d'extension étaient soumis au faisceau postérieur et ceux de flexion à l'antérieur, pourquoi le premier jouirait-il d'une extrême sensibilité, tandis que le second offrirait l'insensibilité la plus absolue? En admettant l'opinion de Bellingeri, l'irritation électrique de l'un devrait provoquer seulement la contraction des muscles extenseurs, et l'électricité, appliquée à l'autre, devrait ne faire contracter que les muscles fléchisseurs : la vérité est qu'on n'excite jamais la moindre contraction quand on galvanise, avec les précautions indiquées, le bout libre ou caudal d'un faisceau postérieur, et que, au contraire, en galvanisant de la même manière le faisceau antérieur, on obtient des contractions dans tous les muscles indifféremment.

Suivant Bellingeri, les racines spinales postérieures et la substance grise du cordon rachidien sont destinées à conduire les impressions (1). S'il en était ainsi, il semblerait rationnel de penser que l'excitation immédiate de cette dernière devrait être douloureuse comme celle des racines postérieures qui ont la même destination; mais la substance grise est tout à fait insensible, comme nous l'avons constaté dans maintes expériences. D'ailleurs ne répugne-t-il pas d'admettre que la moelle épinière, qui, dans le cas dont il s'agit, fonctionne comme un nerf, c'est-à-dire comme un simple cordon *conducteur*, transmette les impressions à l'encéphale par l'intermédiaire d'une substance dont les propriétés et les caractères anatomiques sont si différents de ceux de la substance conductrice elle-même? Nous pensons qu'ici, comme partout, la matière grise *produit* le principe nerveux que la blanche a mission de *conduire*, et que de la présence seule de la matière grise dans la moelle résulte son pouvoir d'agir comme organe central, comme source d'innervation.

Quelques physiologistes ayant considéré la substance grise de la moelle comme indispensable à la transmission non seulement des impressions (Bellingeri), mais encore du principe des mouvements volontaires (Van Deen, Stilling, etc.), nous déclarons que, chez le chien, nous l'avons constamment trouvée à la fois insensible

(1) On a déjà vu que cet auteur croit les racines postérieures appelées à transmettre les impressions, et de plus à influencer la contraction des muscles extenseurs.

et inapte à provoquer des secousses convulsives sous l'influence de l'électricité et des irritants mécaniques ; que sa destruction dans une longueur aussi considérable que possible, à l'aide d'un stylet, n'a aucunement modifié la sensibilité des faisceaux médullaires postérieurs ou l'excitabilité des antérieurs.

Jusqu'à présent, nous n'avons point parlé des fonctions attribuées aux *cordons latéraux* de la moelle épinière, nous étant réservé de les mentionner à propos de l'influence de cet organe sur la respiration.

Influence de la moelle épinière sur la respiration.

On verra plus loin que le bulbe rachidien doit être considéré comme le foyer central et l'organe régulateur des mouvements respiratoires : nous allons prouver que la moelle n'est, au contraire, qu'un simple conducteur du principe de ces mouvements.

Et d'abord, pour bien interpréter les faits suivants, il importe de savoir quels sont les nerfs, propres à influencer les actes mécaniques de la respiration, qui naissent de la moelle au-dessous du trou occipital.

Ces nerfs sont : 1° Le *spinal* ou accessoire de Willis (nerf respiratoire supérieur du tronc, Ch. Bell), dont les racines s'implantent sur les cordons latéraux de la portion cervicale de la moelle, et dont beaucoup de rameaux se distribuent aux muscles sterno-cléido-mastoïdien et trapèze (1) ; 2° le *phrénique* ou diaphragmatique (nerf respiratoire interne du tronc, Ch. Bell), provenant surtout de la quatrième, et, en partie, de la cinquième paire cervicale, et destiné au diaphragme ; 3° le *nerf respiratoire externe* du tronc (Ch. Bell), ou nerf du grand dentelé, qui vient des cinquième et sixième paires cervicales; 4° les *douze nerfs intercostaux*, ou branches antérieures des nerfs dorsaux, dont toutes les racines s'insèrent sur la portion dorsale de la moelle, et dont les sept premiers se rendent aux muscles intercostaux, tandis que les cinq autres se divisent à la fois dans ces muscles et dans ceux de la paroi abdominale antérieure ; 5° la *première branche antérieure lombaire* qui, par une division de son rameau *iléo-scrotal*, complète la distribution des nerfs intercostaux dans les muscles de la paroi antérieure de l'abdomen.

Ces notions anatomiques étant bien établies, il devenait tout naturel de rechercher, à l'aide d'expériences sur les animaux vivants, ce qui adviendrait du côté des mouvements respiratoires, en coupant la moelle épinière à diverses hauteurs. Galien (2) a déjà signalé les phénomènes principaux qui résultent de pareilles sections.

Il a vu qu'en divisant la moelle à l'union de la portion cervicale avec la dorsale, la poitrine se mouvait encore en bas et en haut, par le diaphragme et les muscles supérieurs du tronc (sterno-cléido-mastoïdien, trapèze et grand dentelé) : « *Animal subito in latus procubuit, utrasque thoracis partes, et altas et imas, commovens.* » Alors l'action de ces derniers muscles est aidée par la contraction de ceux de la partie supérieure de l'humérus (grand et petit pectoral), et tous tendent à suppléer les nerfs intercostaux paralysés : « *Namque omnes musculi intercostales in totum reddebantur immobiles.* »

Après la section de la moelle épinière entre la troisième et la quatrième vertèbre cervicale, c'est-à-dire au-dessus des origines du phrénique, du respiratoire externe

(1) Le spinal anime aussi les muscles du larynx, du pharynx, etc. Voy. t. II, p. 247, 262 et suiv. de mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*

(2) *De anatom. administ.*, lib. VIII, cap. V, p. 676 et suiv., édit. de Kühn. Leipsick, 1821.

du tronc et des nerfs intercostaux, Galien (1) a constaté l'abolition des mouvements respiratoires, non seulement dans le thorax, mais dans toutes les parties situées au-dessous. Il n'a pas non plus omis, dans toutes ces expériences, de noter la perte de la sensibilité et du mouvement volontaire dans les organes placés au-dessous de la lésion.

Ajoutons, pour y revenir plus tard, que Galien (2) avait aussi reconnu qu'en divisant la moelle épinière *à son origine* ou à son union avec le bulbe rachidien, on fait périr l'animal immédiatement. « *Atqui perspicuum est, quod, si post secundam aut primam vertebram, aut in ipso spinalis medullæ principio, sectionem ducas, repente animal corrumpitur* (διαφθείρεται παρὰ χρῆμα τὸ ζῶον). »

Quoique les deux premières expériences de Galien, qui viennent d'être mentionnées, soient déjà bien suffisantes pour prouver que le rôle de la moelle *proprement dite* se borne à transmettre le principe des mouvements respiratoires, je crois néanmoins devoir citer quelques expériences confirmatives exécutées par des auteurs modernes.

Legallois (3) a pris un lapin âgé d'environ dix jours, et, les mouvements du thorax ayant été examinés, il a coupé la moelle épinière sur la septième vertèbre cervicale : à l'instant, *ceux de ces mouvements qui dépendent de l'élévation des côtes se sont arrêtés;* mais les contractions du diaphragme ont continué. Puis, ayant divisé la moelle au-dessus de l'origine des nerfs diaphragmatiques, il a fait cesser à la fois les mouvements des côtes et ceux du diaphragme.

Flourens (4), ayant opéré sur un lapin la section transversale de la moelle, immédiatement au-dessus de l'origine de la première paire intercostale, a vu disparaître soudain tous les mouvements inspiratoires des côtes. Le tronçon de moelle, duquel partaient les nerfs intercostaux, était pourtant encore si plein de vie, ajoute Flourens, que, pour peu qu'on l'excitât, la cage respiratoire se mouvait tout aussitôt, comme auparavant.

Après la section, sur un autre lapin, de la moelle épinière au-dessus de l'origine des nerfs diaphragmatiques, sur-le-champ les mouvements inspiratoires des côtes et du diaphragme ont disparu. Cependant, pour peu qu'on irritât le fragment médullaire postérieur, il survenait aussitôt des contractions du diaphragme et des mouvements des côtes; il se faisait un véritable mouvement respiratoire du tronc, et ce mouvement pouvait aller jusqu'à déterminer un certain bruit dans le larynx.

Sur un troisième lapin, Flourens a coupé la moelle épinière au-dessus de l'origine de l'accessoire (nerf spinal) : tous les mouvements respiratoires des épaules, des côtes et du diaphragme se sont éteints. Une excitation extérieure du tronçon de moelle restant pouvait encore les ranimer tous.

« Nul de ces mouvements ne contient donc en soi, dit Flourens, le premier principe de son action : il suffit de les isoler d'un point donné pour qu'aussitôt ils s'éteignent; il suffit de les maintenir réunis à ce point pour qu'ils se conservent : c'est donc évidemment de ce point, et de ce point seul, qu'ils tirent leur premier mobile. » (Voyez *Fonctions du bulbe rachidien.*)

Quant aux mouvements des côtes, du diaphragme, etc., que Flourens a vus

(1) *De anatom. administ.*, lib. VIII, cap. IX, *édit. citée*, p. 696 et 697.
(2) *Ibid.*
(3) *Œuvres complètes*, t. I, p. 63 et 250. Rapport de Percy, édit. 1830, avec des notes de Pariset.
(4) *Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux dans les animaux vertébrés*, 2e édit., p. 178. Paris, 1842.

succéder à l'irritation mécanique du segment caudal de la moelle, ils sont évidemment dus à la persistance de son excitabilité, et sont assimilables à ceux qu'on provoque dans les membres, en irritant les faisceaux antérieurs de la moelle divisée, ou bien les racines spinales qui se détachent de ces faisceaux.

Calmeil (1) est arrivé à des résultats analogues, seulement il mentionne une particularité que j'ai toujours observée dans mes propres expériences, et qui, déjà signalée par Galien, semble avoir échappé aux deux expérimentateurs précédents. « Coupez, dit Calmeil, sur un jeune chien ou sur un jeune chat, la moelle épinière un peu au-dessus de l'origine de la première paire intercostale, vous ferez *à peu près* cesser le jeu de toutes les côtes. » Cette expression *à peu près* est fort juste, car le jeu des côtes est encore entretenu en partie, à l'aide du muscle grand dentelé dont le nerf prend origine au-dessus de la section, et aussi à l'aide des muscles grand et petit pectoral.

Sur des chiens, j'ai divisé la moelle entre la septième et la huitième paire dorsale, c'est-à-dire au-dessus de l'origine des cinq branches intercostales et de la première branche lombaire, qui animent les muscles de la paroi abdominale antérieure, et j'ai vu les mouvements respiratoires *propres* à cette partie se supprimer : on n'y apercevait plus que les mouvements communiqués par les contractions du diaphragme.

Ayant avancé, comme on l'a vu plus haut, 1° que la colonne *antérieure* de la moelle est affectée à la transmission du principe des mouvements volontaires, et à l'origine des nerfs en rapport avec ces sortes de mouvements; 2° que la colonne *postérieure* est en relation avec les nerfs sensitifs et les phénomènes de sensibilité, Ch. Bell a supposé que la colonne *latérale* était destinée à conduire le principe des actes mécaniques de la respiration, et à donner implantation à tous les nerfs qu'il nomme *respiratoires*.

Sans parler des nerfs crâniens auxquels Ch. Bell applique cette dénomination, et que je ne citerai qu'en traitant des fonctions du bulbe rachidien, je dois faire savoir que cet auteur admet, comme *nerfs respiratoires*, tous ceux qui ont été indiqués plus haut. Seulement, d'après lui, tous ces nerfs, qui peuvent contenir des filets de sensibilité et de mouvement volontaire, venus des faisceaux médullaires postérieur et antérieur, en renferment d'autres qui émergent exclusivement du faisceau latéral, et qui sont en rapport avec les mouvements de la respiration.

A l'appui de son hypothèse ingénieuse sur les fonctions des cordons médullaires latéraux, Ch. Bell n'a pas apporté de preuves expérimentales ou pathologiques, et je ne sache point que de semblables preuves aient été fournies par d'autres physiologistes

Dans les expériences nombreuses que j'ai exécutées sur les diverses colonnes de la moelle épinière, je n'ai pu couper isolément ses colonnes latérales, ni par conséquent obtenir des résultats directement confirmatifs de l'idée du physiologiste anglais : mais ayant réussi à diviser, dans la région cervicale, les cordons médullaires antérieurs et postérieurs, je n'ai point vu les mouvements respiratoires devenir plus difficiles qu'avant cette section. De plus, je rappellerai qu'en galvanisant le cordon latéral de la moelle, je n'ai donné lieu qu'à des mouvements peu prononcés dans l

(1) *Recherches sur la structure, les fonctions et le ramollissement de la moelle épinière.* Dans *Journ. des progrès*, t. XI, 1828, p. 116.

membre abdominal correspondant, tandis qu'ils y étaient fort énergiques si le courant traversait le cordon antérieur : encore les contractions légères observées dans le premier cas, contractions qui, d'ailleurs, étaient loin d'être constantes, pourraient-elles bien n'avoir dépendu que d'une dérivation du courant sur le cordon antérieur lui-même.

Si, d'après ces résultats, il semble permis de supposer que les colonnes latérale et antérieure de la moelle ont des fonctions différentes, s'il est démontré que les mouvements respiratoires peuvent persister après la section des colonnes antérieures et postérieures, on ne doit pas néanmoins affirmer que la colonne latérale influence les actes mécaniques de la respiration, à l'exclusion de l'antérieure. En effet, il importe de ne pas oublier que ces actes sont en partie sous la dépendance de la volonté : il serait donc possible que les colonnes antérieures intervinssent seulement dans les cas, par exemple, où volontairement l'individu cesse momentanément de respirer, modifie le rhythme de sa respiration, en rendant celle-ci plus fréquente ou plus rare, plus courte ou plus longue, et que la section de la portion antérieure de la moelle abolît seulement l'empire de la volonté, c'est-à-dire l'influence des lobes cérébraux, sur les mouvements respiratoires.

Quoi qu'il en soit, de nouveaux faits sont nécessaires pour établir l'opinion de Ch. Bell, en ce qui concerne les colonnes médullaires latérales que, pour ma part, je n'ose pas considérer comme absolument étrangères aux mouvements volontaires. Je rappellerai qu'elles sont *insensibles* comme les antérieures, qu'elles donnent certainement origine, aux environs du bulbe, à des nerfs qui concourent à influencer les mouvements respiratoires (accessoire de Willis et facial), et qu'elles semblent enfin devoir être considérées comme motrices (1).

Les lésions traumatiques ou autres de la portion cervicale de la moelle épinière, chez l'homme, donnent constamment lieu à des symptômes qui confirment les faits reconnus par Galien, Legallois, Flourens, etc., dans leurs expériences sur les animaux vivants.

Ainsi, quand ces lésions siégent au niveau de la troisième vertèbre cervicale, par exemple, la respiration devient extrêmement laborieuse et difficile, les mouvements d'inspiration ne sont dus qu'aux muscles du cou et des épaules, à ceux des ailes du nez et de la glotte, le diaphragme est immobile, les muscles qui meuvent les côtes sont paralysés, et le malade ne tarde pas à périr dans les angoisses d'une véritable asphyxie (2).

Les altérations de la moelle épinière, dans la région dorsale, prouvent également que cette portion de la moelle intervient comme agent indispensable de transmission de certains mouvements respiratoires. On voit, même dans la myélite qui occupe le haut de la région dorsale, les malades accuser un sentiment de constriction des parois thoraciques, une oppression continuelle. Survient-il passagèrement un accès fébrile qui accélère les mouvements du cœur, aussitôt la dyspnée devient extrême, la dilatation de la poitrine, dans l'inspiration, ne s'effectue qu'avec des efforts prolongés et très pénibles (3).

(1) Bellingeri suppose que les fonctions des cordons latéraux de la moelle épinière se rapportent à certains actes organiques. Il croit, en particulier, que les filets des racines antérieures qui naissent de ces cordons concourent à former le grand sympathique, et qu'ils exercent de l'influence sur la nutrition et la circulation. Ces hypothèses de Bellingeri ne sont confirmées par aucune espèce de preuves.

(2) Voy. le *Traité des maladies de la moelle épinière*, par Ollivier, d'Angers, t. I, p. 253 et suiv.; *Id.*, p. 365, 3e édit.

(3) *Ibid.*, t. I, p. 370; t. II, p. 337, et *passim*.

Tout ce qui précède démontre surabondamment que la moelle, *sans le bulbe rachidien*, n'est, relativement au principe des mouvements respiratoires, comme à celui des mouvements volontaires, qu'un simple cordon conducteur : maintenant nous allons parler de fonctions dans lesquelles la moelle épinière intervient elle-même comme foyer central ou source d'innervation.

De la moelle épinière envisagée comme source d'innervation.

Quoique nous ayons déjà étudié la moelle épinière sous ce point de vue si important (p. 101 et suiv., *Pouvoir réflexe de l'axe cérébro-spinal*), il nous reste néanmoins à revenir avec détails sur certaines questions qu'il nous avait d'abord suffi de mentionner.

Influence de la moelle épinière sur les mouvements du cœur et sur la circulation. — Haller, appliquant sa théorie de l'irritabilité surtout aux mouvements du cœur, déclara nombre de fois dans ses ouvrages que les contractions cardiaques sont dans une indépendance absolue de la puissance nerveuse, puissance qu'il faisait dériver exclusivement du cerveau. Dès lors, ne doit-on pas s'étonner qu'en parlant des fœtus privés de cerveau et de moelle épinière, exemples qui auraient pu fournir un si puissant argument en faveur de son opinion, Haller (1) s'énonce ainsi : « Plerisque medullæ spinalis etiam fuit tantum, quantum sufficere poterat, ut cordis motus superesset. » Cet auteur recommandable est donc ici doublement en contradiction avec lui-même, puisqu'il admet implicitement, d'une part, que le cerveau n'est pas la source unique de la force nerveuse, et, d'autre part, que celle-ci, émanée de la moelle, sert aux mouvements du cœur.

Quoi qu'il en soit, Legallois chercha à déterminer expérimentalement l'influence de la moelle sur l'organe central de la circulation, et sa conclusion fut que le cœur soutire le principe de ses battements *de tous les points* de la moelle épinière, par l'entremise du grand sympathique qui provient de cet axe nerveux (2).

D'après Legallois, la conclusion qui précède est rigoureusement établie par les expériences suivantes :

a. Chez un lapin *âgé de vingt jours* (3), ayant introduit un stylet dans le canal vertébral, entre la dernière vertèbre du dos et la première lombaire, cet expérimentateur détruisit toute la portion lombaire de la moelle. Au bout d'une minute et demie, la respiration s'arrêta et fut bientôt remplacée par des bâillements assez rares qu'accompagnaient de faibles mouvements du thorax, et qui cessèrent tout à fait *à trois minutes et demie*, époque à laquelle il n'y avait plus aucun signe de vie. Cette expérience, répétée sur deux autres lapins du même âge, eut la même issue. Legallois essaya, dans un cas, de prolonger l'existence en insufflant de l'air dans les poumons avant que la sensibilité et les bâillements fussent éteints ; mais ces phénomènes disparurent tout aussi promptement que s'il n'avait rien fait. La mort était irrévocable.

b. Le même auteur détruisit la moelle dorsale sur des lapins âgés de vingt jours (4), en introduisant entre la première vertèbre lombaire et la dernière dorsale un stylet qu'il enfonça jusqu'à la dernière vertèbre du cou. La vie cessa au

(1) *Elementa physiologiæ*, t. IV, lib. X, p. 356.
(2) *OEuvres complètes*, avec des notes de Pariset, t. I, p. 144. Paris, 1830.
(3) *Ibid.*, t. I, p. 72.
(4) *Ouv. cit.*, t. I, p. 74.

bout *de deux minutes*. Cette expérience, répétée plusieurs fois, donna toujours le même résultat. L'insufflation pulmonaire fut encore pratiquée sans aucun succès.

c. Pour détruire la moelle cervicale chez des lapins du même âge que les précédents (1), le stylet fut introduit entre l'occipital et la première vertèbre. Sachant que la destruction de cette portion de la moelle diffère de celle des deux autres en ce qu'elle anéantit subitement tous les mouvements inspiratoires du thorax, Legallois pratiqua, surtout dans ces cas, l'insufflation pulmonaire avec le plus grand soin, afin de suppléer la respiration normale : mais tous les signes de vie ne s'évanouirent pas moins après *une minute et demie*.

Il résulterait de ces expériences : 1° que la destruction de l'une des trois portions de la moelle épinière est nécessairement mortelle en très peu d'instants chez les lapins de *vingt jours* ; 2° que la destruction de la portion lombaire de cet organe tue moins vite que celle de sa portion dorsale et surtout de sa portion cervicale, l'insufflation pulmonaire étant pratiquée dans les trois cas.

Legallois, voulant savoir s'il en serait de même à tout autre âge, reconnut (2) qu'en général la destruction de la moelle lombaire ne fait pas périr les lapins âgés de moins de *dix jours*. « Quand je dis, ajoute Legallois, que cette destruction ne fait pas périr les très jeunes lapins, je ne prétends pas affirmer qu'ils s'en rétablissent ; je veux seulement dire qu'ils n'en meurent pas presque subitement à la manière des lapins de vingt jours et au delà, mais au bout d'un temps plus ou moins long. » Il avance aussi « que la destruction de la moelle dorsale n'est pas toujours mortelle non plus dans les très jeunes lapins. » Quant à la destruction de la moelle cervicale, la plupart en meurent dès le premier jour de leur naissance. A la vérité, jusqu'à l'âge de dix jours, l'insufflation pulmonaire peut prolonger la vie de quelques uns ; mais, en général, ce n'est que pour un temps assez court, et les signes de vie qu'ils donnent sont faibles. Enfin, la destruction simultanée des trois portions de la moelle est constamment et très rapidement mortelle à tous les âges.

Ce n'est, comme on l'a vu, que chez les lapins âgés de plus de vingt jours que la mort survient presque subitement, d'après Legallois, par la suppression de l'une de ces trois portions.

La cause de la mort doit être rapportée dans ce cas, dit Legallois, à l'arrêt de la circulation. Mais on lui a objecté que le cœur, arraché de la poitrine d'un animal vivant, continuait de se mouvoir, et que, par conséquent, les contractions de cet organe devaient encore persister après la destruction de la moelle épinière. Legallois lui-même (3) avait reconnu, par l'expérience, l'exactitude de ces faits; mais, dans cette dernière circonstance, il regarde les mouvements du cœur comme tellement affaiblis, qu'ils ne peuvent plus entretenir la circulation, et comme seulement analogues à ceux qu'on observe dans les autres muscles qui demeurent irritables plus ou moins longtemps après la mort (p. 114) : « Dans ces derniers, dit-il, les mouvements n'ont lieu que quand on stimule directement le muscle ou le nerf qui s'y rend, et il n'y a qu'un mouvement pour chaque renouvellement du stimulus. Dans le cœur, les mouvements se répètent spontanément, parce que le sang qu'il contient en est le stimulus naturel. »

Pour démontrer qu'après la destruction de la moelle, la circulation générale est abolie, malgré la persistance des faibles contractions du cœur et malgré l'insuffla-

(1) *Ibid.*, p. 75.
(2) *Ibid.*, p. 76, 77 et suiv.
(3) *Ouv. cité*, t. I, p. 85.

tion pulmonaire, Legallois (p. 86 et suiv.) cite l'absence d'hémorrhagie quand on coupe une grosse artère d'un membre, la vacuité et l'aplatissement des carotides, ou bien l'écoulement d'un sang noir provenant des artères. Toutefois, il reconnaît que tous ces signes offrent quelque incertitude, quand il s'agit de prouver l'instantanéité de la cessation de la circulation après la destruction de la moelle épinière.

En effet, lorsque les animaux sont fort jeunes et que le trou de Botal n'est point encore fermé, l'amputation d'un membre peut occasionner une hémorrhagie plus ou moins considérable, sans que la circulation continue ; car les mouvements du cœur, qui, comme nous l'avons vu, subsistent toujours un certain temps après la mort, ont une force quelconque ; et, quoique cette force ne soit pas suffisante pour entretenir la circulation, c'est-à-dire pour faire passer le sang des artères dans les veines, elle peut bien l'être pour le faire sortir par l'ouverture d'une grosse artère. Le sang veineux, qui s'accumule constamment après la mort dans les cavités droites du cœur, pouvant passer dans les cavités gauches par le trou de Botal, servira à entretenir l'hémorrhagie aussi longtemps que les mouvements du cœur conserveront quelque force.

Chez les tout jeunes animaux, les carotides étant fort petites et jouissant d'une grande contractilité, il n'est pas toujours facile de s'assurer si elles sont vides et aplaties, ou seulement contractées et rétrécies, par suite de l'affaiblissement de la circulation. En divisant ces artères, lorsque les battements affaiblis du cœur continuent encore, on peut néanmoins, au dire de Legallois, les trouver vides et plates chez les lapins, à quelque âge que ce soit.

D'après ce physiologiste, toutes les fois que le sang des artères ne devient pas rouge et que l'hémorrhagie artérielle continue d'être noire pendant l'insufflation pulmonaire, faite avec grand soin, c'est un indice que la circulation est arrêtée. Mais cette règle est elle-même sujette à quelques exceptions, lesquelles dépendent encore de l'existence du trou de Botal ou de la force relative du ventricule droit du cœur. Lorsque la circulation, sans être arrêtée, est considérablement affaiblie et qu'il ne passe qu'une très petite quantité de sang par les poumons, cette petite quantité de sang, en se mêlant dans l'oreillette gauche avec celle beaucoup plus grande qu'y verse l'oreillette droite par le trou de Botal, perd presque entièrement sa couleur vermeille, et il ne passe dans l'aorte que du sang à peu près noir.

A peine l'opinion de Legallois, qui fait résider dans la moelle épinière le principe des mouvements du cœur, commençait-elle à s'établir en France, qu'un physiologiste anglais, Wilson Philip (1), la combattit par des expériences, desquelles il conclut, avec Haller, que l'action du cœur et de tous les muscles involontaires, indépendante du système nerveux, émane d'une force inhérente à la fibre musculaire.

Après avoir étourdi des lapins par un coup sur le derrière de la tête, Wilson Philip leur enleva la moelle épinière et le cerveau, et maintint la respiration par des moyens artificiels : malgré une semblable mutilation, il aurait vu la circulation et les mouvements du cœur s'opérer comme dans l'état de vie.

Flourens (2), dans ses expériences sur des lapins, des chats, des chiens, des cabiais et des poules, est parvenu, après la destruction de la moelle, et même de tout l'axe cérébro-spinal, à entretenir la circulation beaucoup plus longtemps que

(1) *An experim. inquiry into the laws of the vital functions*, etc. London, 1817, p. 69 et suiv. Dans *Biblioth. univ.*, t. X, p. 182. Genève, 1819.

(2) *Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux*, etc., p. 216 et suiv., 2e édit. 1842.

ne l'avait fait Legallois. Cependant Flourens s'est bien gardé d'adopter la conclusion de Wilson Philip et de Haller : « Le système nerveux, dit-il (p. 223), concourt à l'énergie et à la durée de la circulation, non seulement d'une manière générale et absolue, mais encore d'une manière spéciale et déterminée ; car lorsqu'une région déterminée du système nerveux (moelle) est seule détruite, c'est toujours dans les seules parties correspondantes à cette région que la circulation se montre surtout affaiblie. Il y a donc une influence générale, c'est-à-dire de tout le système sur toute la circulation, et des influences locales et partielles des diverses régions de l'un sur les diverses régions de l'autre. » Ainsi, lorsqu'on détruit une portion quelconque de la moelle, indépendamment du trouble général qui survient dans toute la circulation, il survient encore un trouble local et plus marqué dans la circulation des organes qui reçoivent leurs nerfs de la portion de moelle détruite. Legallois et Tréviranus étaient arrivés à ces mêmes résultats. Ce dernier physiologiste (1), après avoir lésé la moelle épinière sur des grenouilles, a en effet observé que, dans les parties dont les nerfs avaient leur extrémité centrale au-dessous de la lésion, les pulsations des artères diminuaient de force et de fréquence, et que la circulation finissait par s'y arrêter tout à fait. Une atteinte aussi grave portée à la circulation locale et capillaire, après la lésion d'une partie de la moelle, est importante à noter à cause des applications à la pathologie : elle peut servir à expliquer le refroidissement des parties paralysées, la suppression de la transpiration de la peau, le peu d'abondance de la sécrétion urinaire, etc., chez l'homme, dans certaines affections de la moelle épinière.

Si la moelle tient réellement sous sa dépendance les mouvements cardiaques, comme l'a avancé Legallois, il est rationnel de penser que son irritation mécanique, chimique ou galvanique devrait modifier ces mouvements. Néanmoins, Haller (2), Spallanzani (3), Bichat (4), etc., disent avoir irrité diversement la moelle épinière, sans qu'il s'ensuivît aucune action sur le cœur. Si les battements de cet organe s'en sont ressentis dans quelques expériences, le résultat leur a paru au moins douteux ; car tantôt les convulsions des muscles volontaires, provoquées par l'irritation de la moelle épinière, pouvaient y avoir pris la plus grande part, tantôt la moelle pouvait n'avoir agi que comme conducteur humide, et non en vertu d'une relation spéciale entre elle et le cœur.

Au contraire, quelques expériences de Wilson Philip (5) prouvent que l'irritation directe de la moelle épinière n'est pas sans effet sur le cœur (6). Elles nous apprennent que l'humectation de la moelle épinière avec de l'alcool accroît les battements cardiaques ; mais que la dissolution d'opium ou l'infusion de tabac, après les avoir accélérés, les ralentit bientôt ; qu'enfin, dans ces cas, la portion cervicale de la moelle est celle qui exerce le plus d'influence. Ces expériences (avec l'alcool) nous ont souvent réussi sur des animaux décapités, et les phénomènes se sont manifestés très rapidement. Les expériences concordantes de Clift (7), de Wede-

(1) *Biologie*, t. IV, p. 267, 648.
(2) *Opera minora*, t. I, p. 233.
(3) *Expér. sur la circulation*, p. 338.
(4) *Recherch. physiol. sur la vie et la mort*, p. 476, 3e édit. Paris, 1829.
(5) *Ouv. cit.*, chap. II, p. 80 ; chap. XI, p. 243.
(6) Volkmann (MÜLLER'S, *Arch.*, 1845, p. 416), à la suite de la stimulation électrique de la moelle épinière, a constaté des changements dans le rhythme des battements cardiaques. J'avais déjà obtenu de semblables résultats, en faisant passer un courant électrique à travers la portion cervicale de la moelle d'animaux préalablement décapités.
(7) MECKEL, *Deutsches Arch.*, t. II, p. 140, et dans *Philos. Transact.*, an. 1815.

meyer (1), etc., établissent que la destruction de la moelle épinière, quand elle a lieu d'une manière subite, entraîne une accélération instantanée des battements du cœur, promptement suivie d'une grande diminution dans leur énergie. Nasse (2) a également vu, chez des chiens, dont il entretenait la circulation par une respiration artificielle, qu'après la destruction de la moelle épinière, les battements du cœur devenaient plus lents et plus faibles, de sorte que le sang de l'artère crurale, qui auparavant s'élançait à quelques pieds, ne jaillissait plus qu'à plusieurs pouces, ou même ne formait plus de jet. Nous-même, ayant préalablement lié les deux carotides primitives et les deux artères vertébrales, sur des chiens adultes, avons décapité ces animaux au-dessous du bulbe rachidien ; puis, le cœur étant mis rapidement à découvert pour constater *de visu* l'énergie de ses contractions, nous avons immédiatement détruit toute la moelle épinière : aussitôt après, les contractions sont devenues très précipitées pendant quelques secondes, puis elles ont été beaucoup plus faibles que lors de la présence de la moelle. Nous avons plusieurs fois répété l'expérience, en nous servant de deux chiens également décapités, et chez lesquels une ouverture faite à la poitrine permettait d'observer directement le cœur. Nous avons vu constamment, chez l'animal dont la moelle avait été détruite, ces contractions cardiaques faiblir d'une manière très sensible, comparativement à celles de l'autre animal dont la moelle était demeurée intacte.

L'action de la moelle épinière sur les mouvements du cœur est encore prouvée par le trouble que cet organe présente quelquefois dans certains cas pathologiques où l'altération réside exclusivement dans le cordon rachidien. Ollivier (d'Angers) (3) en rapporte quelques exemples : « Plusieurs malades, affectés de myélite chronique, dit cet auteur (4), m'ont signalé une remarque qu'ils avaient faite et dont j'ai pu ensuite vérifier l'exactitude... Tous les matins, avant et pendant quelques heures après leur lever, le pouls est d'une irrégularité extrême ; à mesure qu'ils se livrent à quelque exercice, la circulation reprend son rhythme normal, les pulsations deviennent égales et régulières... Je ne doute pas que ces variations, continue Ollivier, ne soient dues aux degrés différents de congestions passagères des vaisseaux rachidiens, congestions sur lesquelles le décubitus dorsal et l'inaction prolongée ont une influence incontestable, qui sont naturellement plus fortes quand il y a maladie de la moelle épinière, et qui exercent une véritable compression sur ce centre nerveux. »

Un fait d'observation journalière démontre que l'axe cérébro-spinal a de l'influence sur les mouvements du cœur. Comment expliquerait-on autrement les palpitations occasionnées par une vive impression morale ? Il est vrai pourtant qu'un pareil fait ne peut concourir à démontrer que le cœur tire de cet axe nerveux le principe de ses mouvements, qu'autant qu'il est étayé d'autres faits plus probants.

Pour prouver que les contractions du cœur sont indépendantes de l'influence de la moelle spinale, on a surtout invoqué les observations des fœtus amyélencéphales, chez lesquels les mouvements cardiaques avaient existé jusqu'à la naissance. Mais à cela on peut répondre que le fœtus est dans des conditions circulatoires tout à fait spéciales, et différentes de celles où se trouve l'enfant après sa naissance, et que, par conséquent, de semblables observations ne sauraient aucunement démontrer que, chez l'homme ou l'animal adulte, l'influence de la moelle doive être nulle sur

(1) *Untersuchungen*, etc., p. 235. Cité par Burdach dans sa *Physiologie*, trad. franç., t. VII, p. 75.
(2) *Cité par le même.* (Loc. cit.)
(3) *Traité des maladies de la moelle épinière*, passim.
(4) *Ibid.*, t. I, p. 132. 3ᵉ édit.

les mouvements du cœur. Les observations précédentes servent seulement à établir que, chez le fœtus, le grand sympathique peut suffir à l'entretien des contractions cardiaques en l'absence de la moelle (1). On sait qu'au contraire, chez l'adulte, après la destruction de cet organe, elles ne persistent pas au delà d'un laps de temps assez court. D'ailleurs, j'ajouterai que, d'après la remarque de Breschet et Lallemand (de Montpellier), les ganglions du grand sympathique offrent, chez les monstres dépourvus de moelle et d'encéphale, un volume plus considérable que chez les fœtus normaux ; ce qui peut augmenter l'énergie fonctionnelle de ces ganglions et les rendre capables de suppléer, en partie, l'influence vivifiante de l'axe cérébro-spinal. Il ne faut pas oublier, en effet, que les renflements ganglionnaires du grand sympathique sont riches en substance grise et en vaisseaux, et qu'ils semblent être, aussi bien que la matière grise de la moelle, des centres producteurs de la force nerveuse.

On concevrait d'autant mieux que la seule intervention du grand sympathique fût d'abord suffisante, que, d'après Tiedemann, la substance grise de la moelle n'apparaît, chez le fœtus, que vers le sixième ou le septième mois. Mais, plus tard, la force nerveuse destinée à animer le cœur devant être augmentée, les sources d'où elle provient devaient se multiplier. Aussi, selon nous, voit-on s'associer nécessairement dans leur action, et la substance grise ganglionnaire, et la substance grise de la moelle, quoique chacune d'elles fournisse isolément le principe nerveux. On s'explique ainsi, d'une part, l'entretien de la circulation chez les fœtus amyélencéphales, et, de l'autre, la persistance de la circulation, même chez l'adulte, plusieurs heures après la destruction de la moelle épinière.

Ajoutons que Remak (2) a découvert récemment, dans la substance même du cœur, des petits renflements ganglionnaires qui, peut-être, ne sont pas non plus étrangers à l'entretien des contractions plus ou moins durables de cet organe, après qu'on l'a séparé de l'axe cérébro-spinal et du cordon cervical du grand sympathique.

Dans mes expériences sur les cordons de la moelle épinière, chez les chiens adultes, j'ai eu fréquemment l'occasion de retrancher, d'une manière complète, sa portion lombaire et presque la moitié de sa portion dorsale ; et pourtant je n'ai vu le plus souvent la mort survenir qu'une heure et demie ou deux heures après une aussi grave mutilation. Les assertions de Legallois sont donc exagérées, puisque, dans aucun de ces cas, comme cela devait avoir lieu suivant lui, la mort n'est arrivée en quelques minutes.

En résumé, nous pensons qu'il n'existe aucun argument irrécusable en faveur de la non-influence de la moelle sur les mouvements du cœur chez l'adulte ; tandis que des faits multipliés, empruntés à l'expérimentation et à la pathologie, établissent l'intervention nécessaire de la moelle pour l'entretien de la circulation.

Nous verrons plus loin, en étudiant les fonctions du *bulbe rachidien*, que plusieurs physiologistes font dériver surtout de cet organe le principe incitateur des mouvements cardiaques.

Qu'il me soit permis de mentionner ici, en passant, l'action de la moelle épinière sur les *cœurs dits lymphatiques* (3). D'après Volkmann (4), les contractions

(1) Car je ne puis admettre que les mouvements du cœur aient été entretenus par une force particulière indépendante de la puissance nerveuse.

(2) MÜLLER'S *Arch.*, 1844.

(3) J. MÜLLER. Dans *Poggendorff's Annalen*, 1832. — *Philos. Transact.*, 1833, p. 1. — *Abhandlungen der Acad. zu.* Berlin, 1839. — PANIZZA. *Sopra il sistema linfatico dei Rettili*, *Ricerche zootomiche*, etc. Pavie, 1833.

(4) *Arch.* de J. Muller, 1844, p. 419.

rhythmiques de ces petits sacs musculeux, chez les grenouilles, cessent après la destruction de la moelle : de la portion de cet organe qui correspond à la troisième vertèbre dépendent les mouvements des deux cœurs lymphatiques antérieurs, et de celle qui est renfermée dans les septième et huitième vertèbres dépendent les contractions des deux postérieurs. Valentin (1), qui d'abord avait nié ces résultats, les admit plus tard (2). Toutefois, si, comme Valentin, j'ai vu les cœurs lymphatiques cesser assez promptement de se mouvoir, je les ai vus aussi, en l'absence des portions de la moelle indiquées, se contracter pendant plusieurs heures chez des grenouilles très irritables : il est vrai pourtant que les contractions de ces organes n'avaient conservé ni toute leur énergie ni toute leur régularité.

Influence de la moelle épinière sur la nutrition, les sécrétions et la calorification. — D'après les graves atteintes que subissent la circulation et la respiration par suite de la destruction de la moelle épinière, il semble permis de croire que les actes qui se lient à l'activité du cours du sang artériel et à l'exercice normal des organes pulmonaires (sécrétions, nutrition, chaleur animale, etc.) doivent eux-mêmes être modifiés d'une manière fâcheuse par les lésions du cordon rachidien, surtout quand on se rappelle qu'indépendamment de l'influence générale sur la circulation, chaque portion de la moelle en exerce une toute locale, d'où peut résulter la suspension ou le ralentissement du cours du sang dans les parties empruntant leurs nerfs au tronçon médullaire lésé ou détruit.

En effet, dans les paraplégies un peu anciennes, dues à une altération profonde de la moelle, en général les membres inférieurs s'atrophient ou s'infiltrent par suite du trouble circulatoire, la peau qui les recouvre est sèche, elle cesse de sécréter la sueur, et l'épiderme s'exfolie continuellement. Il est vrai que, dans ces cas, l'inaction complète des membres a pu aussi contribuer à leur amaigrissement.

Selon Rachetti (3), la moelle épinière serait principalement chargée de présider à la nutrition. Cet auteur suppose que l'activité de cette fonction, dans les animaux, est en raison inverse de la masse du cerveau et en raison directe de celle de la moelle épinière; que cette loi s'observe non seulement dans les vertébrés, mais encore dans les crustacés, les insectes et les vers, dont le cordon nerveux central, qui occupe toute la longueur du corps, représente la moelle épinière à l'extrémité de laquelle le cerveau ne forme qu'un léger renflement. C'est à cause de la prédominance de la moelle, d'après Rachetti, que ces animaux ont la propriété de reproduire des parties enlevées ou détruites, et qu'un seul individu peut être divisé en plusieurs parties qui deviennent elles-mêmes autant d'individus susceptibles d'accroissement.

Fray (4) avance que la moelle est chargée de coordonner et de régir, pendant la veille et le sommeil, les diverses opérations organiques d'où résultent la nutrition, les sécrétions, etc. Toutefois, on verra plus loin qu'on ne saurait refuser au grand sympathique une certaine part dans un pareil rôle. (Voy. *Fonctions du grand sympathique.*)

L'influence de la moelle épinière sur la *sécrétion de l'urine* est admise par les uns, contestée par les autres.

(1) *Lehrbuch der Physiologie des Menschen*, t. II, p. 769.
(2) *Ibid.*, p. 901, *Suppl.*, 8 janv. 1845.
(3) *Della struttura, delle funzioni, et delle malattie della midolla spinale.* Milan, 1816.
(4) *Essai sur l'origine des corps organiques et inorg.* Paris, 1817.

Après la section de la moelle épinière au voisinage des vertèbres dorsales et lombaires, après sa destruction à partir de la dernière vertèbre du cou, Krimer (1) a reconnu que « l'urine devient claire comme de l'eau, et contient beaucoup de sels et d'acides, mais peu d'extractif. » L'ablation du cerveau et du cervelet, ajoute le même auteur, n'arrête pas la sécrétion urinaire, elle ne fait que changer légèrement les caractères de l'urine. Mais Brodie (2) dit avoir vu cette sécrétion se supprimer instantanément chez des animaux auxquels il avait enlevé le cerveau; tandis que Gamage (3) affirme, avec Krimer, qu'il n'en est point ainsi. L'effet observé par Brodie a lieu, selon Krimer, non pas quand on enlève le cerveau, mais lorsqu'on détruit la moelle allongée et la portion cervicale de la moelle épinière, destruction qui nécessite l'entretien de la respiration par des moyens artificiels.

Brodie (4), Home (5) et Hunkel (6) ont observé que l'urine contenait de l'ammoniaque libre après les lésions traumatiques ou les commotions de la moelle épinière. Naveau (7) prétend au contraire l'avoir trouvée fortement acide, chez des chiens et des lapins, après la section de cet organe à la région dorsale ou lombaire.

Dans les expériences que j'ai faites à ce sujet, l'urine, sans être fortement acide, a toujours offert une acidité appréciable chez les chiens dont j'avais détruit la moelle dorsale : il n'est pas permis de croire que cette urine préexistait dans la vessie, car la frayeur et la douleur avaient fait uriner les animaux, en grande abondance, avant et pendant l'opération. Ces résultats s'accordent avec ceux qui ont été obtenus plus récemment par Ségalas (8).

Mais je m'étais bien gardé de conclure, comme l'a fait cet expérimentateur, que l'influence de la moelle est nulle sur la sécrétion urinaire : car, dans le cours de mes vivisections, de nombreuses observations m'avaient démontré que les viscères, qui empruntent leurs filets nerveux au grand sympathique, *sont loin d'être paralysés immédiatement par la section de ces filets*, *et que même leur action persiste bien au delà de la durée des expériences dans lesquelles Ségalas avait d'abord détruit la moelle* (9). Je me crois donc autorisé à soutenir qu'après une pareille lésion, les nerfs aboutissant à ces différents organes et aux reins en particulier, ne font que dépenser peu à peu la *force nerveuse* primitivement émanée surtout de la moelle, centre principal, sinon exclusif, de sa production; d'où la persistance de la sécrétion rénale, aussi bien que celle des mouvements du cœur, du canal intestinal, des cornes utérines, etc. D'ailleurs, à propos de l'étude des fonctions du grand sympathique, j'aurai occasion d'insister sur les faits qui prouvent que, si le principe nerveux se propage plus lentement dans ce nerf que dans les nerfs cérébro-spinaux, il s'y tient aussi en réserve beaucoup plus longtemps, même dans les filets ne communiquant plus avec aucun ganglion : alors je

(1) *Physiol. Untersuchungen*. Leipzig, 1820, et dans *Journ. complém. du Dict. des sc. méd.*, t. XXV, p. 207.

(2) *Rec. cit.*, p. 206.

(3) *Rec. cit.*

(4) *Lect. on the diseases of urinary organs*, p. 161. London, 1832.

(5) Cit. par Burdach, *Physiol.*, trad. franç., t. VIII, p. 205.

(6) *Journ. des connaiss. méd.-chirurg.* Août, 1834, p. 376.

(7) *Experimenta quædam circa urinæ secretionem*, p. 24.

(8) *Des lésions traumatiques de la moelle de l'épine, considérées sous le rapport de leur influence sur les fonctions des organes génito-urinaires*. Paris, 1844. Mém. lu à l'Acad. de méd. le 27 août et le 23 septembre.

(9) Durée de ces expériences : 15, 20, 30 minutes, 1 heure.

combattrai l'opinion de ceux qui croient que le grand sympathique puise *exclusivement* en lui-même le principe de son activité.

On sait que, quand on se borne à couper la moelle épinière, chaque segment peut continuer d'agir comme foyer spécial d'innervation. Aussi, aurais-je passé sous silence, comme insignifiantes dans la question, celles des expériences de Ségalas dans lesquelles on a opéré cette sorte de lésion ou la destruction partielle de la moelle, si, même de ces expériences, il ne résultait que l'urée, les phosphates, les sulfates, l'acide urique et le mucus vésical ont subi des changements dans leur quantité relative. Dès lors, on ne s'explique guère la conclusion de cet auteur, que les lésions traumatiques de la moelle ne troublent point la composition de l'urine.

Cette conclusion, fondée surtout sur des résultats de vivisections, qui le plus souvent ont été observés dans un laps de temps trop court, ne s'accorde point avec celle de Brodie, Home, Hunkel, Stanley, etc. (1), qui ont recueilli des faits sur l'homme malade.

Chez un malade cité par le dernier de ces observateurs, et affecté d'une fracture avec déplacement de la cinquième et de la sixième vertèbre dorsale, avec division complète de la moelle en ce point, l'urine devint très abondante et fortement ammoniacale au cinquième jour : elle conserva ces propriétés jusqu'à la mort du blessé, qui eut lieu le vingt-sixième jour.

Un autre cas analogue s'est encore offert à Stanley. Il y avait chez un individu fracture et luxation du rachis, intéressant la huitième et la neuvième vertèbre dorsale, et paraplégie. Le quatrième jour, l'urine prit une odeur fortement ammoniacale, et l'analyse chimique y démontra en effet la présence d'une grande proportion d'ammoniaque.

Il est vrai qu'en pareil cas on avait supposé que l'urine ne devenait alcaline que dans la vessie, par suite de la paralysie de cet organe : mais des observations de Smith (2) tendent à prouver que ce liquide est déjà alcalin avant d'arriver dans son réservoir. Toutefois, il ne faudrait pas nier que l'alcalinité ne pût être augmentée par un séjour trop prolongé de l'urine dans la vessie et par le catarrhe que ce séjour y aurait développé.

Bellingeri (3) a constaté, sur le mouton, que l'inflammation de la moelle et de ses membranes est fréquemment accompagnée de l'inflammation du péritoine et des reins, que l'urine devient trouble et ressemble au sérum du lait coagulé. Réciproquement, Stanley dit avoir vu l'altération du rein déterminer consécutivement des affections de la moelle épinière. Il importe d'ajouter, pour démontrer les relations intimes qui existent entre ces deux organes, que, selon la remarque de Dupuytren (4), la paraplégie est de toutes les maladies celle dans laquelle les sondes, fixées dans la vessie, se recouvrent le plus souvent et le plus promptement d'incrustations salines (5).

(1) Du rapport qui existe entre l'inflammation des reins et les désordres fonctionnels de la moelle épinière et de ses nerfs. — Dans *Arch. génér. de médec.*, 2e série, t. V, p. 101, 102. Trad. de Richelot, 1834.

(2) *Med. Gazette*. London, fév. 1832.

(3) *Annali univers. di med. Fascicol.* 92, 93, août et sept., 1824.

(4) *Lec. orales*, 1832.

(5) Ségalas (*Mém. cit.*) croit que la tendance que l'urine montre à former des dépôts autour des sondes tient, non pas à une altération de ce liquide, qui serait la conséquence immédiate de la lésion de la moelle, mais bien à l'inflammation catarrhale de la vessie qui vient tôt ou tard compliquer cette lésion.

La moelle épinière paraît avoir de l'influence sur la *sécrétion spermatique*, à en juger par l'impuissance absolue qu'on observe souvent dans les cas de paraplégie complète ou incomplète résultant d'une myélite chronique, ou d'autres altérations profondes de la moelle. Brachet (1), méconnaissant l'action propre de ce foyer d'innervation, regarde au contraire la sécrétion spermatique comme influencée exclusivement et directement par le système nerveux ganglionnaire : ce physiologiste prétend même l'avoir prouvé à l'aide d'expériences dont nous allons examiner la valeur, et que plus récemment Ségalas (2) croit avoir confirmées.

Brachet coupe la moelle en travers, sur des chats, immédiatement après un coït répété, c'est-à-dire quand il suppose que les vésicules séminales doivent être vides (3); puis, plusieurs jours après l'opération, les animaux sont sacrifiés, et les vésicules se trouvent remplies de sperme. Donc, selon Brachet, la sécrétion de ce fluide est indépendante du système cérébro-spinal. Mais le tronçon inférieur de la moelle est un centre d'innervation qui a pu fournir encore aux filets testiculaires du grand sympathique l'influence nécessaire à la sécrétion du sperme ; et par conséquent une pareille expérience est complétement insignifiante. C'était la *destruction* et non la simple section de la portion lombaire de la moelle qu'il aurait fallu pratiquer. La difficulté aurait ensuite consisté à faire survivre les animaux assez longtemps pour permettre les observations. L'exemple du paraplégique, rapporté par Brachet, ne parle pas davantage en faveur de son opinion, pour les mêmes motifs qui viennent d'être énoncés, et qui d'ailleurs s'appliquent aussi à une autre expérience qu'il a entreprise pour prouver l'indépendance où serait du système cérébro-spinal la *sécrétion* des ovaires.

Quant au phénomène de l'*érection*, dont quelques auteurs ont fait un signe pathognomonique des maladies du cervelet (4), il peut bien coïncider avec ces maladies, mais il est surtout un des effets les plus fréquents des lésions de la portion cervicale de la moelle épinière (5) ; on le remarque aussi, mais moins ordinairement, dans les lésions qui occupent les portions dorsale et lombaire de la moelle (6) : seulement, dans tous ces cas, les individus n'ont pas conscience de l'état du pénis, et n'y ressentent aucune sensation agréable.

Les observations rapportées par Ollivier (d'Angers), sont confirmées par des observations analogues de Lawrence (7), Réveillon (8), etc. En se rappelant l'influence remarquable que la moelle exerce sur la circulation capillaire, on peut se rendre compte de la turgescence morbide dont il s'agit.

On sait d'ailleurs que la pendaison, avec luxation des vertèbres cervicales, produit souvent l'érection, et même par fois l'éjaculation. A cette occasion, je dois

(1) *Fonct. du syst. nerv. gangl.* 1837, p. 289.

(2) *Mém. cit.*

(3) Brachet dit avoir en effet reconnu que les vésicules séminales étaient vides chez plusieurs chats qu'il a tués aussitôt après l'accouplement.

(4) SERRES, *Anat. comp. du cerveau*, t. 2, p. 602 et suiv. Paris, 1827, et *Journ. de Physiol. expérim.*, t. II, p. 172 et 249. 1822.

(5) OLLIVIER, d'Angers, *ouv. cit.*, t. 1, 3e édit., p. 270, 272, 276, 281, 284, 291.

(6) *Ibid.*, t. I, p. 316, 322, 388.

(7) ASTLEY COOPER, *Œuvres chirurg. compl.* Trad. de Chassaignac et Richelot, p. 132, Paris, 1835-36.

(8) *Archiv. génér. de méd.*, t. XIII, p. 119, an. 1827.

rappeler que Ségalas (1) prétend avoir pu provoquer l'un et l'autre phénomène à l'aide d'irritations mécaniques dirigées sur la moelle. Dans cinq expériences tentées sur trois cabiais et deux lapins, il m'a été impossible de reproduire de semblables résultats.

Examinons maintenant l'influence que l'on accorde à la moelle épinière sur la *calorification*, et principalement la question importante de savoir si cette influence est ou non immédiate.

On ne saurait nier assurément une diminution fréquente et notable de la température dans les membres atteints de paraplégie. C'est surtout dans la myélite chronique, avec perte de sentiment, que ce phénomène apparaît; et, s'il n'est pas toujours appréciable pour l'observateur, le malade s'en plaint presque constamment et demande qu'on réchauffe ses membres refroidis.

Ces faits, dus à l'observation, sont exacts, et je me plais à croire qu'il en est de même des faits suivants, fournis par l'expérimentation.

Weinhold (2) porta un thermomètre de Réaumur dans le bas-ventre d'un chien; l'instrument marquait 25°. Il détruisit la moelle épinière, et observa que les poumons, le foie, la rate, l'estomac et le canal intestinal se refroidissaient; de sorte que la chaleur de l'animal ne fut, pendant 50 minutes, que de 16°, celle de l'atmosphère étant de 15°.

Wilson Philip (3) observa aussi une diminution considérable de la température chez l'animal auquel il avait détruit des portions isolées de la moelle épinière. La destruction de la portion lombaire fit tomber, en 34 minutes, la température de 98° F. à 75°.

Krimer (4) trouva que l'irritation de la moelle allongée, par l'ammoniaque liquide, élève la température du corps entier.

Les expériences de Chossat (5) sur la section de la moelle épinière lui donnèrent les résultats suivants: Lorsqu'il coupait la moelle immédiatement derrière la tête, la température tombait à 2°,53; elle descendait à 2°,32 quand la section avait lieu entre la seconde et la troisième vertèbre cervicale; à 2°,80 quand il la pratiquait entre la septième vertèbre du cou et la première du dos; à 2°,42 lorsqu'elle était faite entre la première et la troisième vertèbre dorsale; à 1°,92 s'il la faisait entre la seconde et la troisième; enfin, à 1°,85 lorsque la section de la moelle était pratiquée entre la troisième et la quatrième vertèbre du dos.

Comme l'abaissement de la température augmente, d'après Chossat, à mesure qu'on divise la moelle épinière plus bas, cet auteur présuma qu'il ne dépendait pas immédiatement de cette section elle-même, mais de la paralysie du grand sympathique. En conséquence, il en fit l'excision au-dessus du plexus solaire, et la température baissa à 1°,90 et 1°,58; d'où il se croit autorisé à conclure que le grand sympathique est la source du développement de la chaleur animale, et que l'excision de ce nerf fait périr les animaux de froid.

En voulant bien admettre que toutes ces expériences soient exactes, nous les regardons comme parfaitement insignifiantes, en tant qu'on voudrait s'en servir

(1) *Lettre sur quelques points de physiol.* Dans *Arch. gén. de méd.* 1824, t. VI, p. 216.
(2) *Journ. compl. du Dictionn. des sc. méd.*, t. XXVI, p. 25.
(3) *Ouv. cit.*
(4) *Physiol. Untersuchungen.* Leipzig, 1820.
(5) *Influence du système nerveux sur la chaleur animale.* Dissert. inaug. Paris, 1820.

pour arriver à une conclusion aussi hasardée que celle de Chossat, ou pour prouver l'influence directe de la moelle épinière sur le dégagement de la chaleur animale. Il est assurément bien permis de penser que les animaux mis en expérience par cet auteur se sont refroidis parce qu'ils étaient mourants.

Legallois (1) a démontré expérimentalement que tout ce qui gêne ou dénature la respiration entraîne l'abaissement de la température du corps des animaux, et qu'il suffit, par exemple, de tenir un animal allongé sur le dos pour qu'il se refroidisse jusqu'à mourir, si on le maintient longtemps dans cette position. Or l'influence de la moelle sur la respiration et sur la circulation est un fait incontestablement établi : on s'explique donc que les lésions morbides ou autres de cet organe donnent lieu à un abaissement sensible de température, en affaiblissant la respiration qui doit échauffer le liquide sanguin et la circulation qui le dispense à toute l'économie. Par conséquent, la moelle épinière ne paraît concourir à la calorification que médiatement, ou par suite de son influence sur les fonctions respiratrice et circulatoire ; et si Krimer, comme on l'a vu plus haut, a réellement trouvé que l'irritation de la moelle allongée, par l'ammoniaque liquide, élevât la température de tout le corps, c'est qu'ainsi il avait dû activer le foyer d'où émane le principe des mouvements de la respiration.

Influence de la moelle épinière sur le canal intestinal, la vessie et les organes génitaux. — La partie supérieure du tube digestif, c'est-à-dire le pharynx, l'œsophage et l'estomac, empruntant ses nerfs à la moelle allongée, nous n'avons pas à nous en occuper ici.

Quant aux organes génitaux, à la vessie et au canal intestinal, comme la moelle n'intervient en grande partie, dans leurs fonctions, que par l'entremise du grand sympathique, et comme, en parlant des usages de ce dernier, nous devrons revenir sur le concours que l'axe nerveux rachidien prête à ces divers organes (2), nous serons bref dans ce qui va suivre, et nous nous contenterons de mentionner l'action directe qu'il exerce sur plusieurs d'entre eux.

Dans les lésions de la moelle épinière, chez l'homme, on observe généralement une constipation plus ou moins opiniâtre, à laquelle peuvent succéder des évacuations alvines involontaires : le même effet se produit, chez les animaux, à la suite de la section transverse de la moelle vers le milieu de la région dorsale. Alors il y a paralysie de la tunique musculeuse, des sphincters interne et externe du rectum, qui reçoivent des filets spinaux directs surtout des troisième et quatrième branches antérieures sacrées, et la membrane muqueuse rectale ne jouit plus de la sensibilité en rapport avec le besoin de la défécation.

La stimulation de la moelle dorsale, par les irritants mécaniques ou par l'électricité, m'a paru, dans certains cas, réveiller les contractions du canal intestinal, mais toujours avec moins d'intensité que quand je déposais, à l'exemple de Muller (3), de la potasse caustique sur les ganglions solaires. Si Wilson Philip (4) a vu les mouvements de l'intestin grêle persister assez longtemps après l'ablation de l'axe cérébro-spinal, ces mouvements pouvaient tenir à un reste de force nerveuse tenue en réserve dans le système nerveux ganglionnaire.

(1) *Œuvr. compl.*, t. II, p. 22, édit. 1830, avec des notes de Pariset.
(2) Voy. *Fonctions du grand sympathique*.
(3) *Physiol. du syst. nerv.* Trad. de Jourdan, t. I, p. 122
(4) *Ouv. cit.*

On sait combien sont nombreuses les observations propres à démontrer que les lésions graves de la moelle s'accompagnent de la paralysie et de l'anesthésie du réservoir urinaire. Selon nous, les muscles du col vésical sont *seuls* sous la dépendance immédiate de la volonté et du système cérébro-spinal, tandis que le reste de la tunique musculeuse de la vessie est soumis au grand sympathique, et hors de l'empire de la volonté. Si, de prime abord, l'excrétion des urines semble être un acte tout volontaire, c'est que, pour l'accomplir, se contractent en effet des muscles volontaires ou semi-volontaires, tels que le diaphragme, les muscles des parois abdominales et surtout le releveur de l'anus; mais, hors le col de la vessie, tout cet organe se contracte à la manière de l'intestin grêle. Quoique nous avancions que les mouvements involontaires du corps de la vessie sont influencés par le grand sympathique, nous ne les regardons pas moins comme étant sous la dépendance médiate de la moelle, dans laquelle ce nerf puise surtout le principe de son action : aussi peuvent-ils finir par être paralysés, comme ceux du col vésical, dans les lésions de l'axe nerveux rachidien.

Ollivier, d'Angers (1), rapporte plusieurs observations qui prouvent que les maladies de la moelle peuvent déterminer une paralysie bornée au col ou au corps de la vessie.

Quant à l'intervention de la moelle épinière dans les contractions de l'utérus et des vésicules séminales, il en sera fait mention lorsque nous nous occuperons de l'étude du grand sympathique.

PROPRIÉTÉS ET FONCTIONS DE L'ENCÉPHALE.

Ayant déjà envisagé, sous un point de vue général, les principaux attributs de l'encéphale, il nous reste à faire connaître le rôle particulier de chacune de ses parties constituantes, qui sont, chez les vertébrés supérieurs : 1° Le bulbe rachidien; 2° la protubérance annulaire ou mésocéphale; 3° les tubercules quadrijumeaux; 4° les couches optiques; 5° les corps striés; 6° les lobes cérébraux ou le cerveau proprement dit; 7° le cervelet.

Bulbe rachidien.

Les propriétés et les fonctions du bulbe rachidien participent de celles de la moelle épinière, en ce sens que, comme elle, très sensible en arrière, il nous a paru tout à fait insensible en avant; qu'il concourt à transmettre les impressions et le principe des mouvements volontaires; qu'il jouit aussi, à un haut degré, du *pouvoir dit réflexe* ou *excito-moteur*.

Mais le bulbe n'est pas, comme la moelle épinière, un simple conducteur du principe des mouvements respiratoires; il est, au contraire, le foyer central et l'organe régulateur de ces mouvements de conservation.

Du bulbe rachidien considéré dans ses rapports avec la respiration. — Galien avait parfaitement reconnu ce fait aussi curieux qu'important, savoir : qu'il y a vers le commencement de la moelle épinière, un point dont la section anéantit sur-le-champ la respiration et la vie chez les animaux ; « Atqui perspicuum est

(1) *Ouv. cit.*, passim.

» dit-il (1), quod, si post secundam aut primam vertebram, aut in ipso spinalis medullæ principio sectionem ducas, repente animal corrumpitur. »

Lorry, ignorant sans doute l'expérience de Galien, annonce le même résultat en ces termes (2) : « Coupant la moelle de l'épine transversalement en plusieurs endroits, je produisais successivement différents degrés de paralysie. Quand je fus parvenu au cou, je fus fort étonné de voir qu'en plongeant ou un stylet, ou la pointe d'un scalpel, sous l'occiput, j'excitais des convulsions, et que, *entre la deuxième et la troisième vertèbre*, loin de produire la même chose, l'animal mourait presque sur-le-champ, et que le pouls et la *respiration* cessaient absolument... »

Mais ni Galien ni Lorry n'avaient rigoureusement délimité cette portion de l'axe cérébro-spinal dont la lésion tue les animaux à l'instant même. Legallois, et surtout Flourens, ont mis plus de précision dans leurs recherches.

Ce n'est pas du cerveau tout entier, dit Legallois (3), que dépend la respiration, mais bien d'un endroit assez circonscrit de la moelle allongée, lequel est situé à une petite distance du trou occipital, et vers l'origine des nerfs de la huitième paire (ou pneumo-gastriques). Car, si l'on ouvre le crâne d'un jeune lapin, et que l'on fasse l'extraction du cerveau par portions successives, d'avant en arrière, en le coupant par tranches, on peut enlever de cette manière tout le cerveau proprement dit, et ensuite tout le cervelet et une partie de la moelle allongée. Mais la respiration cesse subitement lorsqu'on arrive à comprendre dans une tranche l'origine des nerfs de la huitième paire.

Aussi, après avoir été témoin de l'expérience de Legallois, Percy, dans son rapport à l'Institut (4), n'hésite-t-il point à affirmer « que le premier mobile (5), le » principe de tous les mouvements inspiratoires a son siége vers cet endroit de la » moelle allongée (bulbe rachidien) qui donne naissance aux nerfs de la huitième paire (6). »

Il importe de faire observer ici que le bulbe rachidien n'est pas le premier mobile de la respiration, seulement parce qu'il donne origine aux nerfs pneumo-gastriques; en d'autres termes, que la mort subite due à la lésion du bulbe ne résulte pas uniquement de la suppression d'influence de ces nerfs. Chacun ne sait-il point, en effet, qu'après la résection des pneumo-gastriques, chez les animaux *adultes*, la respiration, quoique gênée et laborieuse, n'en continue pas moins pendant un temps fort long? Si l'hypothèse précédente était admissible, la mort, au lieu de survenir, dans ces cas, du second au cinquième jour, devrait frapper les animaux à l'instant même, comme quand le bulbe lui-même est lésé. Le principe qui ordonne et détermine le mécanisme des puissances respiratoires, suivant les expressions de Flourens (7), n'est donc pas dans les nerfs pneumo-gastriques, puisqu'ils peuvent être détruits, et ce principe non seulement subsister, mais déterminer et ordonner encore, comme auparavant, le mécanisme et le jeu des autres puissances respiratrices.

(1) *De anatom. administ.*, lib. VIII, cap. IX, p. 696 et 697, édit. de Kühn. Leipsig, 1821.
(2) *Académie des sciences, Mémoires des savants étrangers*, t. III, p. 366 et 367.
(3) *Œuvres complètes*, t. I, p. 64. Paris, 1830, avec des notes de Pariset.
(4) Séance du 9 septembre 1811.
(5) *Ouv. cit.*, t. I, p. 247.
(6) *Ouv. cit.*, p. 259.
(7) *Rech. expériment. sur les fonct. et les propr. du syst. nerv.*, etc., 2e édit., p. 181.

Flourens (1), poussant l'analyse expérimentale plus loin que Legallois, est parvenu à fixer d'une manière plus précise encore le véritable siége, dans le bulb rachidien, de l'organe qu'il nomme *premier moteur* du mécanisme respiratoire *point central* du système nerveux. Ce physiologiste, récapitulant les résultat obtenus sur six lapins, s'énonce ainsi (2) :

« J'ai dit plus haut que ce *point* commence avec l'origine de la huitième pair et s'étend *un peu au-dessous*. Pour en déterminer les limites avec plus de préci sion, je mis à nu, sur les lapins que je venais d'opérer, toute la partie supérieur de la moelle épinière cervicale et toute la moelle allongée. Je comparai soigneuse ment alors les diverses sections faites sur ces parties, et voici ce que je trouvai

» La première section, ou la section pratiquée sur le premier lapin, l'avait ét immédiatement *au-dessous et en arrière* de l'origine de la huitième paire; la se conde section se trouvait *une ligne et demie* à peu près au-dessous de cette origine la troisième, environ *trois lignes*; et la quatrième, *trois lignes et demie* plus au-dessous encore. La cinquième section enfin avait eu lieu immédiatement au-dessu de l'origine de la huitième paire, et la sixième près d'*une ligne* au-dessus de cett origine.

» Or les mouvements respiratoires de la tête avaient reparu dès la troisièm section, et ceux du tronc dès la cinquième. La limite du *point central* et *premie moteur* du système nerveux se trouve donc immédiatement au-dessus de l'origin de la huitième paire; et la limite inférieure, trois lignes à peu près au-dessous d cette origine. Ce point n'a donc, en tout, que quelques lignes d'étendue dans le lapins : il en a moins encore dans les animaux plus petits que ceux-ci; il en a u peu plus dans les animaux plus grands, l'étendue particulière de ce point varian comme varie l'étendue totale de l'encéphale; mais, en définitive, c'est toujour d'un point, et d'un point unique, et d'un point qui a quelques lignes à peine, qu la respiration, l'exercice de l'action nerveuse, l'unité de cette action, la vie entièr de l'animal, en un mot, dépendent. »

Guidé par les expériences antérieures de Flourens, j'en ai également tenté u assez grand nombre qui m'ont conduit à reconnaître que l'organe premier moteu du mécanisme respiratoire n'a pas son siége *dans toute l'épaisseur* de la rondell ou du segment de bulbe commençant avec l'origine même de la huitième pair et finissant un peu au-dessous d'elle. En effet, j'ai pu diviser, détruire, à ce niveau, les pyramides et les corps restiformes, et voir la respiration persister : a contraire, la *destruction isolée du faisceau intermédiaire du bulbe*, au même niveau, *a produit la suspension instantanée de la respiration*. A cette occasion, j ferai observer que les corps restiformes et pyramidaux sont exclusivement formé de fibres blanches, remplissant le simple rôle de conducteur des impressions et de ordres de la volonté, tandis que le faisceau intermédiaire (j'appelle ainsi celui qu est situé entre les corps pyramidal et restiforme) est seul pénétré d'une quantit considérable de substance grise, riche en vaisseaux artériels, et apte à représenter au centre du bulbe rachidien, un foyer spécial d'innervation. C'est donc l'intégrit de ce foyer spécial, composé de substance grise, et aidé des fibres du faiscea intermédiaire, qui est seule nécessaire, chez les animaux, à l'entretien de leur mouvements respiratoires; tandis que les facultés motrice et sensitive des partie

(1) *Ouv. et édit. cit.*, p. 196 et suiv.
(2) *Ouv. cit.*, p. 203 et 204.

qui l'avoisinent (*pyramides et corps restiformes*) peuvent être suspendues sans danger immédiat pour la vie, comme je l'ai constaté sur les animaux soumis à l'inhalation de l'éther. Est-il besoin d'ajouter que tous les jours, chez les agonisants et les apoplectiques, on a lieu d'observer que, ne fonctionnant déjà plus comme organe de transmission, ni des impressions sensitives, ni de l'action cérébrale sur les muscles volontaires, cependant le bulbe continue d'agir comme premier moteur du mécanisme respiratoire?

Chez des mammifères, je suis quelquefois parvenu à diviser, exactement sur la ligne médiane, le bulbe rachidien dans toute sa hauteur, et néanmoins la respiration a continué de s'accomplir avec une certaine régularité.

Ainsi, l'expérimentation démontre qu'on peut enlever, sur un jeune chien par exemple, les lobes cérébraux, les corps striés, les couches optiques, les tubercules quadrijumeaux, le cervelet et la protubérance annulaire, c'est-à-dire vider à peu près complétement la cavité crânienne (le bulbe rachidien et la moelle demeurant seuls intacts), et néanmoins voir les mouvements respiratoires continuer avec une grande régularité ; mais que, si à l'aide de deux sections transversales du bulbe, on intercepte un segment ou une rondelle renfermant l'origine de la huitième paire avec quelques filets radiculaires du nerf spinal, aussitôt tous les mouvements respiratoires, notamment les contractions du diaphragme, des muscles grands dentelés et intercostaux, s'arrêtent d'une manière brusque, l'animal périt asphyxié : et pourtant les nerfs diaphragmatique, respiratoire externe du tronc (Ch. Bell), intercostaux, ont été épargnés à leur origine.

Ces faits prouvent donc que le principe qui détermine et ordonne les mouvements de la respiration n'est pas réparti dans l'encéphale, ou dans toute la moelle, mais qu'il siége réellement dans une portion circonscrite et déjà indiquée du bulbe rachidien.

Il y a donc bien dans les centres nerveux, comme le fait remarquer Flourens (1), un *point* qui gouverne tous les mouvements respiratoires, et dont la simple division les anéantit tous : il suffit que ce point demeure attaché à la moelle épinière pour que les mouvements du tronc subsistent; il suffit qu'il demeure attaché à l'encéphale pour que ceux de la tête subsistent : divisé dans son étendue, il les anéantit tous; séparé des uns ou des autres, ce sont ceux dont il est séparé qui se perdent, ce sont ceux auxquels il reste attaché qui se conservent. Et ce ne sont pas seulement, ajoute Flourens, les mouvements inspiratoires qui dépendent si impérieusement de ce point; toutes les autres parties du système nerveux en dépendent, quant à l'exercice de leurs fonctions : c'est à ce point qu'il faut qu'elles soient attachées pour conserver l'exercice de ces fonctions; il suffit qu'elles en soient détachées pour le perdre. Ce point a été nommé, par Flourens, *nœud vital* du système nerveux.

Le foyer encéphalique des mouvements respiratoires étant déterminé, on devait se préoccuper de l'idée de découvrir, dans la moelle, les voies de transmission du principe de ces mouvements aux muscles respirateurs. Or, en parlant de l'influence de la moelle épinière sur la respiration, nous avons dit que Ch. Bell considérait la colonne latérale de cet organe comme destinée à conduire le principe des actes mécaniques respiratoires : mais on a déjà vu que cette hypo-

(1) *Ouv. cit.*, p. 202.

thèse n'a pas encore de preuves suffisantes, expérimentales ou autres. Au niveau du bulbe, la colonne latérale de la moelle, se prolongeant en grande partie derrière l'éminence olivaire, donnerait origine, selon le physiologiste anglais (1) aux nerfs accessoires de Willis, pneumo-gastrique, glosso-pharyngien et facial : « Il paraît donc, ajoute-t-il, qu'il sort quatre nerfs de cette colonne *qui n'en fournit aucun au système de la sensibilité, ni à celui du mouvement volontaire.* Il est prouvé en outre, par l'expérience, que ces nerfs excitent des mouvements dépendant de l'acte de la respiration. On ne peut douter que les mouvements du col, de la gorge, de la face et des yeux, qui ont rapport à l'acte de la respiration ou qui en dépendent, ne lui soient associés par le moyen de ces nerfs. »

Assurément, nous sommes loin d'adopter ici les assertions de Ch. Bell, qui, presque toutes, sont erronées. Et d'abord l'anatomie démontre incontestablement : 1° Que, parmi les nerfs crâniens influençant les mouvements respiratoires, le spinal et le facial sont les seuls qui proviennent de la colonne latérale de la moelle, prolongée derrière les olives, dans le bulbe rachidien, la protubérance, etc. ; 2° qu'au contraire, le glosso-pharyngien et le pneumo-gastrique (portions ganglionnaires) s'implantent sur les corps restiformes, dans la ligne du sillon collatéral postérieur, sillon dans lequel s'implantent, plus inférieurement, toutes les racines spinales postérieures ou sensitives. Or, puisque les deux nerfs dont il s'agit naissent sur le même faisceau médullaire que ces racines, et sont, comme elles, pourvus de ganglions, ils doivent, dans la théorie de Ch. Bell lui-même, avoir des fonctions analogues, c'est-à-dire présider à la sensibilité et non au mouvement. D'ailleurs, le glosso-pharyngien n'envoie-t-il pas des filets à la muqueuse de la base de la langue, à celles du pharynx, de la trompe d'Eustache et de la cavité du tympan ? Les divisions du pneumo-gastrique ne se ramifient-elles pas dans les membranes muqueuses qui tapissent le larynx, la trachée, les bronches, l'œsophage et l'estomac ? Il y a donc erreur à soutenir, avec Ch. Bell, que les nerfs glosso-pharyngien et pneumo-gastrique, qu'il fait à tort provenir de la colonne latérale du bulbe, sont étrangers à la sensibilité. Le même physiologiste émet encore une opinion inexacte, quand il avance implicitement que l'action des nerfs spinal et facial ne se lie en aucune façon aux mouvements volontaires. Je démontrerai ailleurs que le spinal anime non seulement les muscles sterno-cléido-mastoïdien et trapèze, mais encore ceux du larynx, du pharynx, et la tunique contractile des bronches, etc. Or la volonté n'a-t-elle donc aucune prise sur les muscles du larynx ? De plus, la contraction de ceux de la face n'est-elle donc aucunement volontaire ? J'exposerai plus loin les arguments qui prouvent que le glosso-pharyngien et le pneumo-gastrique, loin d'être des nerfs du mouvement respiratoire, comme l'admet Ch. Bell, sont, au contraire, des nerfs exclusivement sensitifs, si toutefois l'on fait abstraction du spinal et du facial qui s'anastomosent avec eux au delà de leur origine ; si, en d'autres termes, on n'envisage que leurs portions ganglionnaires.

Mais, tout en rejetant la prétendue classe des nerfs respiratoires crâniens établie par Ch. Bell (2), nous ne pouvons nous empêcher d'admettre, en nous fondant sur nos propres expériences, que les fonctions du faisceau *intermédiaire ou latéral du bulbe* se rapportent à la respiration. Car, comme nous l'avons déjà fait

(1) *Exposit. du syst. nat. des nerfs*, etc., p. 13, 14, 32 et suiv. Trad. de Genest. Paris, 1825.
(2) Cet auteur rapproche des nerfs précédents celui de la quatrième paire ou *pathétique*, qu'il nomme nerf respiratoire de l'œil (*Exposit. du syst. nat. des nerfs*, etc., p. 236.)

observer, tandis que les corps restiformes et les pyramides sont exclusivement formés de fibres blanches propres à transmettre les impressions et le principe des mouvements volontaires, lui seul est pénétré d'une quantité considérable de substance grise-jaunâtre, riche en vaisseaux artériels, et apte à représenter un foyer d'innervation au centre du bulbe rachidien. Les *corps olivaires*, comme on l'a vu, dépendent du faisceau précédent, et, en dedans, se confondent avec lui. Ces sortes d'appendices latéraux, si développés dans l'espèce humaine, absents chez la plupart des vertébrés, sont regardés par Dugès (1) comme des centres nerveux particuliers dont l'usage serait lié à l'exercice de la voix. Toutefois, ce physiologiste n'émet cette opinion qu'avec réserve, et ne donne d'ailleurs aucun argument sérieux pour l'appuyer. « L'olive, dit Serres (2) *est excitateur des mouvements du cœur;* le corps restiforme, *excitateur de la respiration pulmonaire.* Le cordon qui sépare ces deux faisceaux est *excitateur de l'estomac.* » Mais si l'on cherche, dans cet auteur, des raisons propres à justifier des localisations aussi précises, on est bien loin d'en trouver de plausibles.

Du bulbe rachidien considéré dans ses rapports avec la sensibilité et les mouvements volontaires. — Le bulbe rachidien n'est pas seulement l'organe *premier moteur* du mécanisme respiratoire. C'est par lui que doivent passer les impressions pour être perçues, et les ordres de la volonté pour être exécutés : aussi les faisceaux du bulbe, d'ailleurs continus à ceux de la moelle, se prolongent-ils à travers les pédoncules cérébelleux et les pédoncules cérébraux, pour aboutir aux organes encéphaliques chargés d'élaborer les impressions et de produire le principe des mouvements volontaires. Or, ici s'offrent naturellement ces deux questions intéressantes : Peut-on déterminer le siége du mouvement et de la sensibilité dans le bulbe rachidien? La transmission des impressions et celle de l'action du cerveau sur les muscles volontaires s'opèrent-elles, dans le bulbe, d'une manière *directe* ou *croisée?*

Le premier de ces deux problèmes, fort difficile à résoudre directement par la voie expérimentale, nous semble résolu par l'induction et par les observations pathologiques : aussi osons-nous avancer que la partie antérieure du bulbe est destinée au mouvement, et sa partie postérieure à la sensibilité. En effet, puisque les cordons moteurs de la moelle se continuent directement avec ceux qui existent au-devant du bulbe, et que, sous le nom de *corps restiformes*, les cordons médullaires sensitifs se prolongent sans interruption derrière cet organe, il est rationnel d'admettre que les uns et les autres conservent, dans toute leur étendue, les mêmes fonctions. D'ailleurs on ne trouve que des nerfs moteurs sur le faisceau antéro-latéral du bulbe (*hypo-glosse*, *spinal*, *facial*, *moteur oculaire externe*), et l'on rencontre seulement des nerfs sensitifs sur son faisceau postérieur ou corps restiforme (portions ganglionnaires des *glosso-pharyngien*, *pneumo-gastrique* et *trijumeau*) : ajoutons que, dans nos expériences, le premier faisceau nous a toujours paru insensible chez les animaux vivants (chiens et lapins), tandis que le moindre attouchement des corps restiformes a occasionné les douleurs les plus vives. Enfin, nous nous fondons encore sur une observation fort curieuse recueillie chez l'homme

1. *Physiologie comp.*, t. I, p. 360. Montpellier, 1838.
2. *Anatom. comp. du cerveau*, t. II, p. 717.

par Lebert (1), et dans laquelle le trouble des facultés locomotrices et la conservation entière de la sensibilité ont coïncidé avec l'altération profonde de la partie antérieure du bulbe et l'intégrité de sa partie postérieure (2).

Quant à savoir si *les effets sont directs ou croisés* dans le bulbe rachidien, ou, en d'autres termes, si le trouble fonctionnel dépendant d'une lésion du bulbe se manifeste du même côté que cette lésion ou du côté opposé, ce problème a été diversement résolu par les expérimentateurs. Selon Flourens (3), qui a expérimenté principalement sur des pigeons, les effets sont directs dans le bulbe comme dans la moelle épinière. Magendie (4) cite une expérience confirmative de cette opinion et exécutée sur un chien. Au contraire, Calmeil (5), ayant opéré sur un mouton, affirme « qu'il existe dans la moelle allongée (*bulbe rachidien*) des effets *directs* et des effets *croisés ;* directs dans les faisceaux postérieurs, croisés dans les faisceaux antérieurs. »

Dans les premières expériences que j'avais faites pour vérifier les précédentes assertions, les animaux (chiens et lapins) avaient présenté, du côté de la respiration, des accidents tellement graves, que les résultats m'avaient toujours paru trop équivoques pour trancher la question. Depuis, j'ai été plus heureux en expérimentant sur des chiens de haute taille, et je me range à l'opinion émise par Calmeil, opinion qui, d'ailleurs conforme aux données anatomiques, est de plus confirmée par la pathologie. En effet, l'anatomie démontre que les faisceaux postérieurs, ne s'entrecroisant point au niveau du bulbe, doivent conserver, dans cet organe, le même mode d'action que dans la moelle épinière; tandis que les faisceaux latéro-antérieurs, s'entrecroisant de manière à passer de droite à gauche, et *vice versâ*, doivent avoir, sur les parties situées au-dessous de leur décussation, une influence croisée. « On observe, dit Ollivier d'Angers (6), dans certaines altérations de la *partie antérieure* de la moelle allongée, des effets *croisés* semblables à ceux qui résultent des mêmes altérations dans le cerveau : lésions à droite, paralysie à gauche, et réciproquement. J'en ai publié, ajoute cet auteur, un exemple remarquable dans la première édition de mon ouvrage (7). »

On trouvera, dans mon *Traité du système nerveux*, t. I, à propos de la relation des faits pathologiques qui concernent la protubérance annulaire, des observations qui prouvent que, prolongés dans cet organe, les cordons latéro-antérieurs du bulbe ont réellement, chez l'homme, une action croisée sur les mouvements volontaires.

Avant de terminer l'étude des fonctions du bulbe rachidien, je crois devoir mentionner l'attitude singulière observée chez les animaux auxquels on avait coupé l'un des corps restiformes. Après cette section, un chien et un lapin se sont roulés en cercle du côté de la lésion; leurs yeux ont été déviés comme après la blessure de l'un des pédoncules cérébelleux. Je reviendrai plus loin sur ces faits.

(1) Consultez les faits pathologiques relatifs au bulbe rachidien, dans mon *Traité d'anatom. et de physiol. du syst. nerv.*, t. I, p. 406. Paris, 1842.

(2) MAGENDIE (*Leçons sur les fonct. du syst. nerv.*, t. I, p. 285 et suiv.), ayant divisé, chez un chien, l'une des pyramides, n'a constaté aucune lésion du sentiment, tandis que le mouvement avait été compromis dans toute une moitié du corps.

(3) *Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux*, etc., p. 111 et suiv., 2e édit. Paris, 1842.

(4) *Leçons sur les fonct. du syst. nerv.*, t. I, p. 285, 293, etc.

(5) *Recherches sur la structure, les fonctions et le ramollissement de la moelle épinière*. Dans *Journ. des progrès*, etc., t. XI, p. 100. 1828.

(6) *Traité des maladies de la moelle épinière*, t. I, p. 123, 3e édit.

(7) *Ibid.*, an. 1823, p. 262, observ. XXXVI.

Du bulbe rachidien considéré dans ses rapports avec les mouvements du cœur. — A la suite d'expériences faites sur des mammifères, Budge (1) a émis, en 1841, l'opinion que les contractions cardiaques sont principalement sous la dépendance du bulbe rachidien. Ces contractions lui parurent pouvoir être encore modifiées par l'irritation des cordons antérieurs de la moelle, seulement jusqu'au niveau de la troisième ou de la quatrième paire cervicale. Plus récemment, il a entrepris d'autres expériences (2) qu'il regarde comme plus décisives que les premières en faveur de son opinion. Suivant cet expérimentateur, si l'on enlève à une grenouille le bulbe rachidien et la moelle jusqu'aux nerfs des extrémités antérieures, le nombre des battements du cœur diminue : cette diminution s'observe également sur une seconde grenouille dont on a ménagé la portion respiratrice du bulbe, et chez laquelle, par conséquent, la respiration pulmonaire continue. D'autres fois, à l'aide d'un appareil électro-magnétique, Budge dirigea un courant à travers le bulbe rachidien, et aussitôt le cœur cessa de battre, tandis que le corps entier fut pris de mouvements convulsifs. Au contraire, le courant ayant été dirigé à travers la moelle épinière, les convulsions des membres eurent encore lieu, et les battements du cœur persistèrent. Puis, la moelle fut mise à nu, retirée du canal vertébral et renversée du côté de la tête ; alors on appliqua les extrémités des réophores sous la face inférieure du bulbe, et le cœur interrompit aussitôt ses battements, sans qu'il survînt des convulsions dans le reste du corps. Enfin, dans une autre série d'expériences, Budge, ayant fait passer des courants électriques dans les nerfs vagues, vit encore le cœur suspendre tout à coup ses contractions, phénomène qu'il n'observa jamais en agissant sur la portion cervicale du grand sympathique.

Ainsi, d'après Budge, le cœur emprunterait au bulbe le principe de ses mouvements, et ceux-ci ne seraient point influencés par la respiration, puisqu'on les verrait s'arrêter ou diminuer de fréquence quand la respiration continue; la force incitatrice des contractions cardiaques aurait la paire vague pour agent exclusif de transmission ; la stimulation électrique de cette paire nerveuse et du bulbe rachidien, au lieu d'exciter le cœur, le *mettrait au repos*. Cet état de repos, dans lequel le cœur serait dilaté et rempli de sang noir, est comparable, pour Budge, à la dilatation de la pupille par la belladone : c'est un phénomène passif qui résulte d'un épuisement momentané.

D'après leurs recherches, Ed. et E. H. Weber (3) avaient été conduits, de leur côté, à formuler des conclusions à peu près analogues aux précédentes, et en partie confirmées par Mayer (4).

Je dois avouer que je n'ai pas été favorisé dans les tentatives assez nombreuses que j'ai faites pour reproduire les résultats obtenus par ces physiologistes, et qu'il m'est difficile d'admettre que la suspension de toute activité survienne brusquement dans un organe, dès le moment même où l'on commence à stimuler le système nerveux qui l'anime, attendu qu'un pareil phénomène est en opposition complète avec ce que les vivisections démontrent chaque jour aux expérimentateurs. Assurément,

(1) *Untersuchungen über das Nervensystem*, p. 132, 134. Frankfurt a Mein. 1841.

(2) *Arch. de Roser et Wunderlich*. 1846. V. p. 319 et 540. — R. WAGNER'S, *Handwörterbuch der Physiol.*, t. III.

(3) *Arch. d'anat. génér. et de physiol.*, Paris, 1846, p. 9. — WAGNER'S. *Handwörterbuch der Physiol.*, t. III.

(4) *Froriep's Notiz.*, 1846, t. XXXVIII, n° 834, p. 314.

à l'aide d'excitants variés, j'ai pu, en agissant soit sur la portion cervicale la plus élevée de la moelle, soit sur les nerfs du cœur eux-mêmes, modifier les contractions de cet organe, et je crois avoir contribué à prouver que, si la paire vague exerce une influence incontestable sur elles, on ne saurait refuser, d'une manière absolue, cette même influence au grand sympathique cervical (1). Mais, quand j'ai fait usage d'un courant électrique interrompu, le cœur a présenté des alternatives de contraction et de relâchement; et, quand j'ai employé un courant continu, il y a bien eu suspension momentanée des battements cardiaques, mais j'ai pu reconnaître *de visu* qu'il y avait alors contraction soutenue de l'organe, et non dilatation passive : encore dois-je ajouter qu'il ne m'a jamais été possible d'obtenir un semblable effet en faisant agir le courant seulement sur l'appareil nerveux cardiaque, et qu'il m'a fallu placer l'extrémité de l'un des réophores sur le cœur lui-même.

Selon Budge (2), la stimulation électrique du bulbe rachidien provoquerait aussi les mouvements de l'estomac et ceux de l'intestin cœcum : aucune de ces expériences ne m'a réussi.

Protubérance annulaire, pédoncules cérébelleux et cérébraux.

Les fibres transverses de la protubérance annulaire ne formant qu'un même système avec les pédoncules cérébelleux moyens, et ses fibres longitudinales constituant par leur réunion les pédoncules cérébraux, nous pensons devoir rapprocher l'étude physiologique de ces divers pédoncules de celle de la protubérance annulaire.

Protubérance annulaire ou mésocéphale.

Sous la dénomination de *moelle allongée*, on a souvent confondu en un seul organe la protubérance annulaire et le bulbe rachidien. Mais, comme les fonctions de l'une sont, à notre sens, bien distinctes des fonctions de l'autre, nous ne saurions croire, à l'exemple de plusieurs physiologistes qui pourtant avaient manifestement en vue la protubérance et le bulbe réunis, avoir fait connaître le rôle de la première en nous bornant à exposer le rôle du second, c'est-à-dire de l'organe premier moteur du mécanisme respiratoire.

Les animaux, dont le cervelet est dépourvu de lobes latéraux, manquent des fibres transverses superficielles de la protubérance, fibres désignées sous le nom de *pont de Varole*, et servant de commissure inférieure aux hémisphères cérébelleux : aussi le pont de Varole, qui forme un bourrelet saillant au-devant du bulbe et au-dessous des pédoncules cérébraux, n'existe-t-il que chez les mammifères où il est dans un rapport constant de volume avec les hémisphères précédents.

Mais, de ce que le *pont de Varole* manque chez les oiseaux, les reptiles et les poissons, il ne faudrait pas en conclure la non-existence de la protubérance proprement dite chez ces animaux : car ce qui constitue essentiellement la protubérance, ce ne sont point ses fibres transverses superficielles dont les usages semblent se lier à ceux des lobes latéraux du cervelet, mais bien un amas central de substance grise, qui la rend apte à représenter un foyer d'innervation. Or, chez les animaux de ces trois dernières classes, on trouve, à la suite du bulbe et comme confondu avec

(1) *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. II, p. 344, 601, 602, 605 ; t. I, p. 294. Paris, 1842.
(2) *Ouv. cit.*

lui, un pareil amas de substance grise, plus ou moins saillant, recouvert d'une couche mince de substance blanche, et que, par conséquent, au point de vue anatomique et physiologique, nous sommes amené à considérer comme l'analogue de la protubérance des mammifères.

Signalons d'abord l'action des irritants sur cet organe.

L'excitation directe de ses fibres transverses (*pont de Varole*) ne m'a point paru donner lieu à des convulsions appréciables; il en a été de même en arrière. Mais celles-ci sont devenues très manifestes chez des animaux récemment tués, quand le stimulus a été dirigé dans l'intérieur de la protubérance; toutes les fois, par exemple, que les extrémités des réophores ont été plongées assez profondément pour faire passer un courant électrique dans l'épaisseur de l'organe.

Lorsque, chez des animaux vivants, il m'est arrivé de toucher même légèrement la face postérieure de la protubérance, il y a eu manifestation des douleurs les plus vives; ce qui s'explique par la présence, dans ce point, des divisions ascendantes des corps restiformes. Le plus souvent, l'introduction d'un stylet dans l'épaisseur de la protubérance, surtout à sa partie antérieure, n'a pas paru être douloureuse; seulement il est survenu des secousses convulsives des quatre membres, de la face, etc. Quand, en agissant de la sorte, il y a eu de la douleur, il est présumable que le tronc ganglionnaire du trijumeau, qui plonge dans la protubérance, avait été rencontré par l'instrument. Comme je n'ai jamais pu irriter le pont de Varole (fibres transverses superficielles) sans l'écarter un peu de la gouttière basilaire, et sans exercer un certain tiraillement sur les nerfs trijumeaux, je ne saurais dire si l'animal a poussé des plaintes à cause de ce tiraillement ou de l'irritation directe des fibres transverses du pont.

Après avoir démontré que, dans la protubérance, il y a des points sensibles et d'autres insensibles, des points excitables et d'autres inexcitables, il s'agit de reconnaître quel est son rôle au milieu des autres renflements encéphaliques.

On sait qu'avant de s'irradier dans les hémisphères cérébraux, les faisceaux sensitifs et moteurs de la moelle traversent en partie la protubérance annulaire; aussi est-il facile de prévoir que ses lésions devront troubler l'exercice du mouvement et de la sensibilité. C'est en effet ce dont on pourra se convaincre en prenant connaissance des faits pathologiques relatifs à cette partie de l'encéphale (1). Ces mêmes faits démontrent encore, beaucoup plus sûrement que les vivisections, *l'action croisée* de la protubérance, au moins sur le mouvement.

Mais cet organe n'agit pas seulement comme conducteur du principe nerveux; il est encore par lui-même, et sans doute à cause du noyau considérable de substance grise qui existe dans son intérieur, un centre spécial d'action.

Nos propres expériences nous ont conduit à admettre : 1° Que la production du principe incitateur des mouvements de locomotion est plus spécialement sous la dépendance immédiate de la protubérance (mésocéphale), comme la production du principe incitateur des mouvements de conservation, et de ceux de la respiration en particulier, est sous la dépendance immédiate du bulbe rachidien; 2° que, relativement à la sensibilité générale, la protubérance est un centre de perceptivité, qui, suivant la nature de la sensation, agit seul ou réclame le concours des lobes cérébraux.

En m'occupant de la question de savoir s'il existe, dans l'encéphale, un siége

(1) Voir mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. I, p. 153.

distinct pour l'intelligence, la sensibilité et la motricité, j'ai déjà exposé, avec détails (p. 36-41), les faits sur lesquels s'appuient les conclusions précédentes : aussi me contenterai-je d'y renvoyer le lecteur.

Pédoncules cérébelleux.

Trois pédoncules, distingués en *inférieur*, *moyen* et *supérieur*, établissent, de chaque côté, les connexions du cervelet avec le reste de l'axe cérébro-spinal.

1° *Pédoncules cérébelleux inférieurs.* — Ils ne sont autre chose que les corps restiformes ou la continuation directe des faisceaux postérieurs de la moelle. D'après Rolando (1), la lésion de l'un de ces pédoncules déterminerait, chez les animaux, une attitude singulière dans laquelle leur corps se courberait en arc du côté de la blessure. Magendie (2) a obtenu le même résultat.

Mes propres expériences m'ont démontré que le phénomène signalé par Rolando ne survient jamais quand la section est réellement limitée au pédoncule cérébelleux inférieur ou corps restiforme, et qu'il se manifeste seulement dans le cas où le faisceau sous-jacent (*F. intermédiaire du bulbe*) a été lui-même lésé.

Dans aucune de mes expériences, je n'ai observé la tendance au recul que Flourens (3) a notée après la blessure des pédoncules inférieurs du cervelet.

Ces pédoncules sont exclusivement en rapport avec la transmission des impressions sensitives à l'encéphale : ce n'est pas qu'à leur lésion je n'aie vu constamment succéder un affaiblissement notable des facultés locomotrices ; mais, pour des raisons déjà émises plus haut (4) et fondées sur l'étroite solidarité qui unit les actes moteurs aux actes sensitifs, je me suis bien gardé d'en conclure que les uns et les autres sont influencés *directement*, et à la fois, par ces pédoncules.

2° *Pédoncules cérébelleux supérieurs.* — Comme les précédents, les pédoncules supérieurs du cervelet, ou *processus cerebelli ad corpora quadrigemina*, ont occasionné de violentes douleurs toutes les fois que je les ai irrités chez les chiens et même chez les lapins où ils sont plus faciles à découvrir. Leur sensibilité rappelant celle des faisceaux postérieurs de la moelle, il ne répugne pas d'admettre qu'ils en soient les prolongements ; d'ailleurs, on sait qu'une portion directe de ces faisceaux, après avoir parcouru la face postérieure de la protubérance, vient s'adjoindre aux pédoncules supérieurs du cervelet, au moment où ceux-ci s'engagent au-dessous des tubercules quadrijumeaux. Les pédoncules cérébelleux supérieurs, qui bientôt font partie de l'étage supérieur des pédoncules cérébraux, auraient donc pour usage probable de transmettre les impressions aux ganglions encéphaliques placés au-devant du cervelet. L'opération préalable, qui consiste à les mettre à nu, ayant déjà troublé le mouvement, je n'ai pas remarqué que ce trouble fût sensiblement augmenté par leur lésion. Il est vrai que je n'ai pu davantage constater, avec certitude, quelles modifications survenaient dans l'exercice de la sensibilité ; ce qui s'explique sans doute par la perturbation générale dans laquelle cette expérience jette les animaux.

(1) *Saggio sulla vera struttura del cervello*, etc., p. 128. Sassari, 1809.

(2) *Leçons sur les fonctions et les maladies du système nerveux*, t. I, p. 295, 299. Paris, 1839.

(3) *Rech. expér. sur les prop. et les fonct. du syst. nerv.*, p. 490. Paris, 1842. 2e édit.

(4) Voy. p. 187 et mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. I, p. 326 et suiv. Paris, 1842.

3° *Pédoncules cérébelleux moyens.* — Si l'un des pédoncules cérébelleux moyens, dont les fibres sont continues aux fibres transverses et superficielles de la protubérance, est lésé, l'homme ou l'animal roule sur lui-même autour de l'axe longitudinal de son corps.

Ce singulier phénomène, dont deux physiologistes de notre époque (1) semblent vouloir revendiquer la découverte, a été signalé par Pourfour Du Petit (2). Sur plusieurs chiens, ayant pratiqué, jusque dans le milieu de la racine de l'un des pédoncules, une incision comprenant la partie correspondante du cervelet, il a vu ces animaux ne pouvoir plus se soutenir « *et rouler comme une boule.* » Je ne sache pas qu'on ait, jusqu'à présent, rapporté ce résultat expérimental à son véritable auteur, et j'ai cru devoir réparer cet oubli.

Une observation pathologique fort curieuse, citée par Serres (3), étant venue appuyer l'assertion de Pourfour Du Petit, celle-ci fut bientôt confirmée par de nouvelles expériences.

Le même tournoiement a lieu si l'on divise, un peu en dehors de la ligne médiane, le *pont de Varole*, c'est-à-dire les fibres transverses et superficielles de la protubérance. Toutefois, il est d'autant plus rapide, chez les animaux, que la section porte plus spécialement sur l'un des pédoncules cérébelleux moyens proprement dits. Après cette section, Magendie (4) a noté les mouvements extraordinaires et la position des yeux : l'œil du côté blessé se porte en bas et en avant ; celui du côté opposé est fixé en haut et en arrière, ce qui donne à la face une étrange expression.

Suivant ce physiologiste, le mouvement rotatoire se produit toujours *du même côté que la section.* « Comme j'avais coupé, dit-il, le pédoncule gauche, le mouvement de rotation avait lieu de droite à gauche (5)... L'animal roule latéralement du côté où le pédoncule est coupé, et quelquefois avec une telle rapidité qu'il fait plus de soixante révolutions par minute (6). »

Dans mes expériences, au contraire, la rotation a eu lieu *du côté opposé à la section.* Ainsi, le pédoncule droit était-il coupé, l'animal roulait sur lui-même de droite à gauche (7). Or, le résultat que j'ai obtenu s'accorde parfaitement avec les observations pathologiques. En effet, le malade de Serres tournait sur lui-même *de droite à gauche*, et la lésion existait dans le pédoncule droit du cervelet ; la malade, observée par Belhomme (8), *roulait le plus souvent à droite*, et une exostose comprimait surtout le pédoncule gauche. Un mouton, chez lequel le pédoncule moyen *droit* du cervelet était ramolli et comprimé par un kyste, roulait *de droite à gauche*, selon l'axe de sa longueur (9). Enfin, dans une dissertation remarquable,

(1) Flourens, *Rech. expér. sur les prop. et les fonct. du syst. nerv.*, p. 489. 2e édit., 1842.
Magendie, *Journ. de physiol. expér.*, t. IV, p. 400, 1824. — *Leç. sur les fonct. et les mal. du syst. nerv.*, t. I, p. 257 et suiv. Paris, 1839.

(2) *Nouveau système du cerveau*, dans *Recueil d'observ. d'anat. et de chir.*, publié par Louis, p. 121. Paris, 1766.

(3) Magendie, *Journ. de physiol. expér.*, t. III, p. 135. 1823.

(4) *Loc. cit.*

(5) *Journ. de physiol.*, t. IV, p. 401.

(6) *Leçons sur les fonct. du syst. nerv.*, t. I, p. 259.

(7) Pour pratiquer cette opération délicate, je mets en usage le procédé à l'aide duquel je divise le trijumeau dans l'intérieur du crâne, en prenant toutefois le soin de diriger l'instrument un peu plus en arrière. (Voy. mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. II, p. 158.)

(8) Troisième Mémoire sur la *Localisation des fonctions cérébrales*, p. 424 et suiv. Paris, 1839.

(9) Cette observation et la pièce pathologique m'ont été communiquées par Gavarret qui les avait recueillies à l'école d'Alfort.

Lafargue (1), s'appuyant sur ses propres expériences, annonce comme nous, que « la rotation selon l'axe du corps s'opère toujours *du côté de la section vers le côté opposé.* »

A l'époque à laquelle il assistait à mon cours de vivisections (1844), Schiff, de Francfort, dans le but de découvrir la cause de la contradiction entre ce que je lui montrais et ce qu'avait observé Magendie, tenta diverses expériences dont il fit connaître les résultats dans un Mémoire publié l'année suivante (2). Lorsque le pédoncule moyen avait été atteint en arrière, à travers l'espace occipito-atloïdien mis à nu, il vit les animaux (lapins) tourner *du même côté que la section*; tandis que, comme je l'avais observé moi-même, il les vit tourner du *côté opposé* quand le pédoncule avait été lésé en avant. Toutefois, Schiff attribue ce dernier effet plutôt à la lésion de l'hémisphère cérébelleux correspondant qu'à celle de son pédoncule. Je ne puis admettre cette opinion de Schiff : celle que j'adopte se fonde à la fois sur les nouvelles expériences que j'entrepris immédiatement après les siennes, et sur la structure de la protubérance et des pédoncules moyens du cervelet.

Toutes les fibres des colonnes motrices antéro-latérales de la moelle sont loin de s'entrecroiser au niveau du lieu où s'opère la décussation des pyramides, et le *faisceau intermédiaire* du bulbe est précisément constitué par toute la portion de la colonne médullaire antéro-latérale, qui ne se continue point avec la pyramide du côté opposé (3). Or, placé d'abord entre l'olive et le corps restiforme, ce faisceau remonte vers la protubérance et bientôt s'y trifurque : la première division, échappée à tout entrecroisement, s'incurve en dehors pour s'adjoindre aux fibres transverses du pédoncule cérébelleux moyen qui, de la sorte, *contient en arrière des fibres non entrecroisées;* des deux autres divisions, l'une, le faisceau triangulaire latéral de l'isthme, concourt à former une commissure transversale au-dessous des tubercules quadrijumeaux, et l'autre, rapprochée de la ligne médiane, longe la face postérieure de la protubérance sur laquelle elle fait saillie. Cette dernière division, fort importante à considérer dans la question qui nous occupe, donne lieu à un entrecroisement fibrillaire facile à apercevoir au sein de la protubérance, quand on écarte son sillon médian jusqu'au-dessous des tubercules quadrijumeaux. Parmi les fibres entrecroisées, les unes se dirigent vers le pédoncule cérébral opposé dont elles constituent l'étage moyen; les autres s'infléchissent en dehors pour concourir à former la partie fasciculée antérieure de la protubérance et du pédoncule cérébelleux moyen du côté également opposé : *chacun des pédoncules cérébelleux moyens contient donc, en avant, des fibres entrecroisées.*

En me fondant sur ces données anatomiques, qui me paraissent incontestables, je m'explique comment, d'une part, on obtient des *effets croisés* en lésant en avant l'un des pédoncules cérébelleux moyens, quand bien même l'hémisphère cérébelleux correspondant n'a pas été atteint (4); comment, d'autre part, on observe des *effets directs*, quand on blesse en arrière l'un de ces mêmes pédoncules. Mais toutes les fois que, dans mes expériences, au lieu d'être limitée soit à la partie an-

(1) *Essai sur la valeur des localisations encéphaliques, sensoriales et locomotrices, proposées pour l'homme et les animaux supérieurs.* Thèse inaug. Paris, 14 mai 1838, n° 115, p. 17.

(2) *De vi motoria baseos encephali inquisitiones experimentales; auctore Mauritio Schiff.* Bockenhemii prope Francofurtum ad Mœnum. 1845.

(3) Voir t. I, pl. II, fig. 4, et pl. III, fig. 1, de mon *Traité d'anat. et de physiol. du système nerveux.*

(4) Cette remarque répond à l'objection de Schiff.

térieure, soit à la partie postérieure de l'un des pédoncules, la section en a été complète, ce sont encore les *effets croisés* qui l'ont emporté ; preuve que les fibres pédonculaires entrecroisées l'emportent aussi en nombre sur les fibres directes. Cela revient donc à dire que le mouvement rotatoire s'opère constamment du *côté le plus fort vers le côté le plus faible ;* assertion que confirment pleinement les observations pathologiques déjà mentionnées.

Quant à la production même du singulier mouvement qui nous occupe, Lafargue (1) propose de l'expliquer de la manière suivante : « Il suffit, dit-il, de réfléchir sur le mécanisme de la locomotion normale des quadrupèdes pour voir, qu'étant données deux conditions, *la chute sur un côté paralysé* et *l'activité isolée de deux membres*, les efforts de ceux-ci produiront la rotation selon l'axe, par cela même qu'ils agiront seuls en poussant tout le corps vers le côté faible. Supposez qu'un lapin paralysé du côté gauche (par la section du pédoncule droit) tombe sur ce côté (gauche) : les membres droits, occupant le plan supérieur, pousseront à gauche et en bas, et, dans leurs premiers efforts, ils feront décrire au corps un quart de cercle, de manière à mettre le ventre en l'air ; l'impulsion de droite à gauche répétée faisant exécuter de nouveaux mouvements en quart de cercle, les extrémités paralysées, le dos, les membres sains, le ventre, occuperont successivement le plan supérieur, ainsi de suite : et le mouvement rotatoire résultera de cette succession. »

Nous ne saurions admettre, avec Lafargue, qu'un pareil mouvement résulte, comme il l'avance, de l'activité isolée des deux membres d'un même côté, et nous allons motiver ce dissentiment. Il est vrai que la faiblesse semblerait de prime abord devoir être plus prononcée dans les membres du côté opposé à la lésion, puisque la chute a lieu sur ce côté ; et pourtant, l'animal étant tenu sur le dos, on voit les quatre membres s'agiter en désordre avec une certaine énergie qui ne paraît pas différer à gauche et à droite. D'ailleurs, cette différence existât-elle, on serait en droit de se demander pourquoi tant d'autres lésions qui produisent l'hémiplégie croisée ne seraient pas suivies du même mouvement rotatoire. La vérité est, comme l'a établi Schiff (2), que, bien qu'on ait lié préalablement les quatre membres, ce mouvement n'en a pas moins lieu. D'après mes propres observations, qui confirment celles de cet expérimentateur, j'attribue sa production, non à la paralysie des membres d'un côté et à l'activité persistante des membres de l'autre, mais, suivant les cas, à une paralysie directe ou croisée qui a atteint, dans un côté, les muscles de la nuque et ceux des portions cervicale et dorsale de la colonne épinière. Notre opinion se fonde sur l'observation directe. En effet, on voit la rotation commencer dans ces portions qui bientôt entraînent avec elles la portion lombaire et les membres abdominaux. Quand, par hasard, en se soutenant à l'aide de ces derniers, l'animal résiste au mouvement rotatoire, son train postérieur est comme tordu sur l'antérieur qui repose latéralement sur le sol. On voit aussi la tête se tordre elle-même sur la colonne cervicale, de manière que l'une de ses faces latérales regarde en haut et l'autre en bas. Cette position forcée de la tête n'est-elle pas étrangère au strabisme, aux mouvements bizarres qu'on observe alors dans les globes oculaires, et peut-elle donner lieu à une sensation de vertige qui contribuerait à produire le tournoiement ? Je ne puis que le supposer.

(1) *Thèse citée.*
(2) *Mem. cité.*

Quant à l'impulsion motrice, transmise plus spécialement aux muscles indiqués par les pédoncules cérébelleux moyens et les nerfs qui leur correspondent, elle paraît émaner à la fois du cervelet et surtout de la protubérance annulaire, foyer actif d'innervation.

Pédoncules cérébraux.

Ces pédoncules, qui renferment dans leur épaisseur les prolongements des deux ordres de faisceaux (moteur et sensitif) de la moelle épinière, ont pour usage *principal* de transmettre les impressions aux lobes cérébraux et l'influence de la volonté aux organes locomoteurs. Il ne faudrait pourtant pas en conclure que la section complète des deux pédoncules, à leur sortie de la protubérance, suspende toute manifestation de sensibilité et de mouvement; car, dans mes expériences cette section a été loin de paralyser les membres d'une manière absolue, elle n'a point non plus empêché les animaux d'accuser, même par des cris, les excitations douloureuses qu'on leur faisait subir. Je me suis expliqué ces résultats par l'intégrité de la protubérance annulaire qui, comme on l'a vu (pag. 38 et suiv.), semble être à la fois un centre perceptif des impressions sensitives, et un foyer d'innervation locomotrice. La lésion précédente, par suite de laquelle la station devient impossible, empêche seulement la transmission des ordres de la volonté aux muscles et l'exercice de la sensibilité *avec conscience*, attendu qu'ainsi on a interrompu toute communication entre les organes et les lobes cérébraux, centre unique de la volition des mouvements et de l'élaboration intellectuelle des sensations.

Quand, au lieu de diviser complétement les deux pédoncules cérébraux, j'ai seulement blessé l'un ou l'autre (1), voici le résultat constant que j'ai obtenu et que je crois avoir le premier signalé, du moins dans ce cas : toutes les fois que la lésion partielle a été pratiquée immédiatement au devant de la protubérance, ou un peu au delà, les animaux (lapins) ont exécuté un mouvement circulaire ou de manége, qui a toujours eu lieu *du côté opposé à celui de la lésion ;* c'est-à-dire que, le pédoncule cérébral droit, par exemple, étant blessé, l'animal a accompli l'évolution du manége vers la gauche, en tournant fortement son cou et sa tête vers ce même côté. Ces faits ont été confirmés par les expériences ultérieures de Schiff (2). Le cercle parcouru a été d'autant plus petit que la lésion se rapprochait davantage du bord antérieur de la protubérance, et qu'elle comprenait un plus grand nombre de fibres pédonculaires. Mais tout mouvement circulaire a cessé, quand la *section entière* de l'un des pédoncules a été faite immédiatement au-devant de la protubérance, et l'animal est tombé sur le côté opposé à la lésion, quoique, après la chute les deux membres de ce côté pussent encore accomplir des mouvements très manifestes.

Après la section latérale « de la portion de moelle allongée qui avoisine en dehors les pyramides antérieures, » Magendie (3) a vu aussi survenir un mouvement circulaire semblable à celui du manége : mais, dans ce cas, par des raisons déjà exposées précédemment, le mouvement avait lieu dans un sens contraire à celui que j'ai observé en lésant l'un des pédoncules cérébraux.

(1) Pour faire cette expérience, je me sers encore du procédé à l'aide duquel je divise le trijumeau dans l'intérieur du crâne ; seulement j'ai le soin de diriger la pointe de l'instrument plus profondément, plus en avant et en haut.

(2) *Mém. cité.*

(3) *Précis élém. de physiol.*, t. I, p. 413. Paris, 1836.

Lafargue (1), ayant produit deux fois ce même mouvement circulaire en coupant l'une des couches optiques, a vu qu'il s'opérait *du côté de la section vers le côté opposé*, c'est-à-dire tel que je l'ai vu moi-même succéder à la lésion pédonculaire (2). Pour cet expérimentateur, ce n'est là qu'une manifestation d'hémiplégie croisée, qu'il cherche à expliquer de la manière suivante : « Dans la progression normale d'un quadrupède, dit-il, les membres gauches poussent à droite, et réciproquement ; de sorte que le corps entier se meut suivant la résultante des deux forces. Si vous produisez une hémiplégie, les membres les plus vigoureux, ne trouvant pas de puissance antagoniste, pousseront la totalité du corps vers le côté paralysé ; et s'ils ne conservent pas assez d'énergie pour opérer un déplacement proprement dit, une translation complète, toutes les impulsions latérales, s'ajoutant les unes aux autres, produiront un mouvement circulaire dont le côté paralysé sera le centre. » Ce phénomène continuerait, d'après Lafargue, tant que les membres actifs suffisent à la station ; mais lorsque, par suite de l'affaiblissement progressif, la station devient impossible, on verrait l'animal tomber sur le côté paralysé et *rouler sur son axe*, de manière que la rotation sur l'axe succéderait à l'évolution du manége.

Jusqu'à présent, aucune de mes expériences ne m'a révélé une pareille transformation dans les phénomènes : je n'ai jamais vu l'animal rouler sur lui-même, selon l'axe de sa longueur, pas plus après la lésion de l'une des couches optiques, qu'après celle de l'un des pédoncules cérébraux. Au contraire, Schiff (3) a eu occasion de constater ce fait ; mais il l'explique par la compression exercée sur un côté de la protubérance par du sang épanché.

Il ne m'a pas été donné davantage de confirmer les observations de Flourens (4), qui dit « que la section des pédoncules du cerveau détermine une suite de mouvements d'arrière en avant. »

Schiff ne s'est pas borné à confirmer mes expériences sur le mouvement de manége succédant aux lésions pédonculaires, il a encore, pour expliquer ce phénomène, proposé une nouvelle théorie basée sur ses propres observations. Suivant cet expérimentateur, il n'y a pas *hémiplégie*, mais les ordres de la volonté cessent d'être transmis seulement à certains groupes de muscles des deux extrémités antérieures : ainsi, la blessure du pédoncule cérébral droit, par exemple, empêche la contraction volontaire des muscles adducteurs du membre thoracique droit et des muscles abducteurs du membre thoracique gauche ; d'où résulte, quand l'animal veut avancer, une déviation parallèle de ces deux membres vers le côté de la lésion. Alors, si, à chaque effort de progression, les pattes postérieures poussent l'animal directement en avant, les pattes antérieures déviées à droite, en s'appliquant au sol, impriment au corps une impulsion latérale vers la gauche, sens dans lequel sont également déviés le cou et la tête. C'est de la répétition, à chaque pas, de ces chocs latéraux communiqués à la partie antérieure du tronc et aussi de cette déviation de la tête que résulte le mouvement de manége, et non d'une hémiplégie incomplète, dont il n'existe d'ailleurs aucun signe appréciable.

(1) *Thèse cit.*, p. 17.

(2) A propos des couches optiques, je ferai connaître plus loin les nouvelles observations de Schiff.

(3) *Roser's und Wunderlich's Arch.*, p. 681. 1846.

(4) *Recherches expérim. sur les prop. et les fonct. du syst. nerv.*, p. 490. 2e édit., 1842. — En pratiquant la section des différents canaux semi-circulaires de l'oreille interne, Flourens assure avoir obtenu des effets qui offrent la plus grande analogie avec ceux qu'il a observés après la lésion des divers pédoncules cérébraux ou cérébelleux. (*Ouv. cit.*, p. 487 et suiv.)

L'affaiblissement d'une moitié du corps, facile à produire par des causes si diverses peut bien déterminer la progression suivant une ligne oblique, mais jamais circulaire.

Selon Budge (1), Valentin (2) et Schiff (3), il y aurait dans les pédoncules cérébraux, indépendamment des fibres en rapport avec le sentiment et avec les mouvements volontaires du tronc, d'autres fibres qui influenceraient l'action de l'estomac des intestins et de la vessie : aussi, d'après leur assertion, verrait-on ces dernier organes réagir par suite de l'excitation profonde des pédoncules. Les phénomène que j'ai observés sous ce rapport, ne m'ayant point paru, à beaucoup près, êtr constants, sont loin d'avoir levé tous mes doutes sur la valeur d'une pareille opinion. Quoi qu'il en soit, Schiff trouve sa confirmation dans quelques observation pathologiques de Rokitansky (4), et dans les altérations intestinales consécutives la blessure pédonculaire, altérations graves qu'il a décrites avec soin, et desquelle il croit devoir faire dépendre la mort des animaux.

Le même expérimentateur a noté un changement dans la composition de l'urine après la lésion des pédoncules cérébraux (5). Ce liquide, qui avait primitivemer une réaction alcaline chez les animaux (lapins), est devenu d'abord neutre, pu acide ; de plus, il contenait de l'albumine. Depuis ces expériences de Schiff, j'a fréquemment constaté le même phénomène après des lésions très diverses d système nerveux, et, en particulier, après la section intra-crânienne du nerf triju meau : ce n'est là qu'une preuve, au milieu de tant d'autres, de l'influence d système nerveux sur les fonctions nutritives.

Tubercules quadrijumeaux.

Nous considérons les tubercules quadrijumeaux des mammifères, et les tuber cules bijumeaux ou *lobes optiques* des autres vertébrés, comme faisant partie inté grante de l'appareil nerveux de la vision, et comme étant indispensables à l'exer cice de cette dernière, soit qu'eux-mêmes sentent les impressions lumineuses, so qu'ils les transmettent seulement à d'autres parties de l'encéphale, aux hém sphères cérébraux, par exemple. Il nous faudra donc étudier d'abord ces tubercul dans leur rapport avec la faculté visuelle, puis nous enquérir de la question savoir si c'est là leur rôle exclusif ou s'ils n'ont pas d'autres usages à remplir.

Influence des tubercules quadrijumeaux sur la vision et sur les mouvements l'iris. — Il est inutile de revenir sur les preuves anatomiques déjà émises (p. 23 qui établissent les relations intimes des nerfs visuels avec les tubercules quadriju meaux : rappelons seulement qu'en général, dans la série des vertébrés, ces ner et ces éminences grandissent, se développent en raison directe les uns des autre

Les tubercules quadrijumeaux, avons-nous dit, sont indispensables à l'exerci de la vision. En effet, enlevez-les chez un mammifère, un oiseau, etc., et imm diatement la cécité aura lieu. C'est là un des résultats les plus constants de n

(1) *Untersuchungen über das Nervensystem*, etc.
(2) *Lehrbuch der Physiol.*, t. II.
(3) *Mém. cité.*
(4) *Handbuch der pathol. Anat.* T. III.
(5) *De vi motoria baseos encephali*, etc., p. 11. Bockenhemii, 1845.

ivisections, qui est parfaitement d'accord avec celui que Flourens (1) avait autrefois obtenu. Cependant, Magendie (2) a avancé, en 1836, n'avoir jamais reconnu « que la blessure du tubercule optique ou *quadrijumeau antérieur* altérât la vue chez les mammifères. » Il est vrai que, dans un ouvrage plus récent (3), le même auteur contredit sa première assertion, en disant « que les tubercules quadrijumeaux antérieurs (*nates*) se continuent avec la couche optique, dont ils sont séparés par un sillon peu profond; qu'ils fournissent une des racines d'origine du nerf optique; *qu'ils sont en rapport avec l'exercice de la vision.* » Magendie (4) relate même un cas de cécité, chez une femme, avec altération des tubercules quadrijumeaux antérieurs. Une pareille contradiction s'explique, sans doute, en admettant que, dans ses premières expériences, ce physiologiste avait pratiqué une lésion trop superficielle, trop incomplète, pour anéantir la vue ou même pour la troubler d'une manière appréciable.

Quoi qu'il en soit, il est constant qu'après l'ablation des tubercules quadrijumeaux ou bijumeaux (selon la classe de vertébrés) un animal ne peut plus voir les objets qui l'entourent.

Maintenant il importe de savoir si ces organes exercent sur les yeux une action *directe* ou *croisée.*

Chez les mammifères et les oiseaux, l'action des tubercules précédents (ou *lobes optiques*) est *croisée ;* c'est-à-dire que constamment la blessure ou l'extirpation du tubercule droit trouble et anéantit la vision de l'œil gauche, et *vice versâ.* C'est encore là un fait établi par les expériences de Flourens (5), et que nous avons eu occasion de reproduire. Ajoutez que, sur des pigeons dont les humeurs de l'œil avaient été évacuées d'un côté depuis plusieurs semaines, nous avons observé, audevant du chiasma, l'atrophie du nerf optique correspondant et celle du lobe optique du côté opposé (6). Suivant Desmoulins (7), l'action serait, au contraire, *directe* chez les grenouilles, et la lésion d'un lobe optique entraînerait la perte de la vue dans l'œil correspondant. La difficulté que j'ai toujours éprouvée à reconnaître l'état de la vision, chez ces animaux, m'a laissé dans le doute à cet égard.

La soustraction des tubercules quadrijumeaux entraînant le défaut d'impressionnabilité à la lumière, il faut déterminer expérimentalement si cet effet est dû seulement à l'interception de la communication des nerfs visuels avec les hémisphères cérébraux; si l'ablation des tubercules indiqués n'agit que comme ferait la section des nerfs optiques, et si, par conséquent, les uns et les autres ne sont que de simples conducteurs des impressions visuelles. Voici les résultats de mes expériences à ce sujet :

Sur différents mammifères et sur des pigeons, j'ai enlevé *complétement* (8) les hémisphères cérébraux, en ménageant avec le plus grand soin les couches optiques proprement dites (9) et le reste de l'encéphale. Un pigeon ainsi mutilé survécut

(1) *Recherches expérim. sur les propr. et les fonctions du syst. nerv.*, p. 145, 2e édition. Paris, 1842.

(2) *Précis élémentaire de physiologie*, t. I, p. 244. Paris, 1836.

(3) *Leçons sur les fonct. du syst. nerv.*, t. I, p. 242. Paris, 1839.

(4) *Ibid.*, t. II, p. 141.

(5) *Ouv. cit.*, p. 142 et suiv.

(6) Magendie a fait des observations analogues. (Voy. *Journ. de physiol. expérim.*, t. III, p. 380.)

(7) *Anat. des syst. nerv.*, etc., p. 594. Paris, 1825.

(8) L'autopsie en a fait foi.

(9) Le lecteur ne confondra pas les couches optiques avec les *lobes optiques*. Cette dernière dénomination s'applique, dans le langage de plusieurs anatomistes modernes, aux tubercules quadrijumeaux, mais surtout aux tubercules bijumeaux des oiseaux, des reptiles et des poissons.

dix-huit jours (1). L'animal étant placé dans l'obscurité, toutes les fois que j'ap-prochais brusquement une lumière de ses yeux, l'iris se contractait, et souven même le clignement avait lieu ; mais, chose remarquable, aussitôt que j'imprimai un mouvement circulaire à la bougie enflammée, l'animal exécutait un mouvemen analogue avec sa tête. Ces effets, reproduits chaque jour en présence des personne qui assistaient à mes leçons, ne peuvent laisser aucun doute sur la persistance d l'impressionnabilité à la lumière, après que les hémisphères cérébraux n'existen plus ; et, par conséquent, quand on la supprime complétement, par la soustractio des tubercules quadrijumeaux (les couches optiques restant intactes), on ne saura faire dépendre un pareil résultat du défaut de communication des nerfs visuels ave les hémisphères cérébraux. Chez les jeunes chats, les jeunes chiens et les lapins l'iris continuait aussi à se mouvoir sous l'influence d'une lumière vive ; parfoi même alors les paupières se rapprochaient.

Ces mouvements nous paraissent un peu analogues à ceux qui, chez un anima décapité, succèdent à l'excitation des surfaces tégumentaires : faute des lobes céré-braux, ils ont lieu sans conscience, sans qu'il y ait eu perception véritable ou d moins entière de la sensation lumineuse ; car, en définitive, c'est à ces lobes qu les sensations de la vue, comme toutes les autres, doivent parvenir, pour être éla-borées, prendre une forme distincte, laisser des traces, des souvenirs durables, e enfin pour permettre la manifestation d'une série de jugements et de détermina-tions relatifs à la nature de ces sensations. Aussi, quoiqu'un animal, privé d ses hémisphères cérébraux, reste impressionnable à la lumière, ne faut-il pa s'étonner qu'il se comporte comme s'il était aveugle, qu'il se heurte contre le obstacles, n'évite point le danger qui le menace, etc. : la mémoire et le jugement d'où dérive la connaissance des objets extérieurs, n'existant plus, pouvait-il e être autrement ?

Si l'ablation des tubercules quadrijumeaux et la section des nerfs optiques son suivies du même effet, c'est-à-dire de la perte de la vue, ce n'est pas une raiso pour regarder les uns et les autres comme de simples conducteurs des impression visuelles. Les tubercules quadrijumeaux sont des *centres de réflexion* de l'effe centripète des nerfs optiques sur les nerfs moteurs qui président à la contractio de l'iris ; aussi leur ablation, d'après les expériences de Flourens (2), paralyse-t-elle cette membrane : en l'absence des hémisphères cérébraux, ces tubercule nous paraissent être encore des foyers de perception *incomplète* pour les sensation de la vue. Cette dernière opinion est d'autant plus probable que l'ablation isolée sur des animaux différents, soit du cerveau, soit du cervelet, soit des corps strié et même des couches optiques, laisse persister la contractilité de l'iris, indice cer-tain de la sensibilité à la lumière.

Flourens avait d'abord (3) remarqué que l'irritation d'un tubercule excite le contractions de l'iris opposé *seulement* ; plus récemment (4), il a reconnu qu

(1) Une poule privée de ses lobes cérébraux vécut *dix mois* entiers. (FLOURENS, *ouv. cit.*, 2e édit. p. 87.)

Un pigeon, ayant subi l'ablation de ces mêmes lobes, se portait fort bien *trois mois* après cett opération. (MALCORPS. Dans *Leçons sur les fonct. du syst. nerv.*, par MAGENDIE, t. II, p. 351 Paris, 1839.)

(2) *Ouv. cit.*, 2e édit., p. 144.

(3) *Ouv. cit.*, édit. de 1824, p. 152.

(4) *Ouvr. cit.*, édit. de 1842, p. 144.

l'effet de cette irritation se manifeste aussi dans l'iris du même côté. Nos propres expériences nous avaient déjà amené à signaler ce dernier résultat (1).

Les tubercules quadrijumeaux sont-ils sensibles et excitables (2) ? *Influencent-ils les mouvements volontaires?* — La surface des tubercules quadrijumeaux ou bijumeaux, chez les mammifères et les oiseaux, ne m'a pas paru être sensible aux irritations mécaniques; mais aussitôt qu'on pénètre dans leur épaisseur, des douleurs vives éclatent, et l'animal pousse des cris ou se débat avec violence. Cet effet peut s'expliquer par le voisinage d'une portion du faisceau postérieur de la moelle, qui se prolonge au-dessous de ces tubercules; il ne prouve peut-être pas que leur propre substance soit sensible à nos irritants ordinaires.

L'excitation légère de leur surface, et même de leur substance grise dénudée, n'a occasionné aucune secousse convulsive; il nous a toujours fallu pénétrer assez avant, et jusqu'aux fibres médullaires, pour obtenir des contractions. Ces expériences, exécutées immédiatement après la mort de l'animal, donnent des résultats moins complexes que durant la vie, en ce sens que les mouvements généraux, occasionnés par la douleur, ne viennent plus s'associer aux secousses convulsives dues à une irritation toute locale. Celles-ci apparaissent, chez les mammifères et les oiseaux, principalement du côté opposé au tubercule que l'on excite. De semblables effets ne sauraient surprendre, quand on se rappelle que le faisceau antéro-latéral ou moteur de la moelle a des connexions intimes avec les tubercules quadrijumeaux: mais ils tendent surtout à démontrer que, dans les précédentes expériences, les contractions musculaires ont dû dépendre de l'excitation des faisceaux médullaires qui s'engagent au-dessous de ces tubercules, et non de celle de leur substance propre.

D'après Serres (3) les tubercules quadrijumeaux « sont excitateurs de l'association des mouvements volontaires ou *de l'équilibration;* et de plus, les excitateurs du sens de la vue dans les trois classes inférieures. » A l'appui de la première assertion, cet auteur rapporte une expérience et des faits pathologiques (4). Sur un chevreau, la base des tubercules quadrijumeaux fut traversée par un bistouri très effilé; l'animal éprouva une douleur très vive, suivie de mouvements convulsifs dans les membres et dans les yeux. Huit heures après l'opération, on le fit lever. *La démarche était on ne peut plus irrégulière :* on eût dit qu'il ne savait plus marcher. Il vécut quatre jours, marchant toujours avec la même irrégularité. Quand il voulait boire, il était longtemps avant de pouvoir mettre le museau dans le vase où était l'eau; il avait également beaucoup de peine à saisir les herbes qu'il choisissait pour se nourrir.

A nos yeux, cette expérience est loin de confirmer l'assertion précédente, puisque, comme on va en juger, la lésion ne se bornait pas, à beaucoup près, aux tubercules quadrijumeaux. Les fibres pédonculaires sur lesquelles ils s'appuient étaient divisées, et de là l'irrégularité, l'hésitation dans les mouvements de l'animal. En effet, Serres ajoute plus bas : « L'instrument avait traversé la base des tuber-

(1) A l'époque où je rédigeai le second volume de mon ouvrage sur le système nerveux, qui parut avant le premier, il n'existait encore de l'ouvrage de Flourens que l'édition publiée en 1824.

(2) Nous appelons *excitables* les parties du système nerveux, qui, sous l'influence d'un stimulus immédiat, ont la propriété d'exciter des contractions musculaires.

(3) *Anat. comp. du cerveau*, etc., t. II, p. 717. Paris, 1827.

(4) *Ouv. cit.*, t. II, p. 642 et suiv.

cules quadrijumeaux et le *gros faisceau* sur lequel repose le *processus cerebelli ad testes*. Sur deux lapins et un chien l'effet fut le même. » Or ce gros faisceau n'est autre chose que le pédoncule cérébral, dont la lésion, comme on l'a vu, entraîne en effet un trouble notable du mouvement.

Après l'ablation du tubercule bijumeau d'un côté, Flourens (1) a vu des pigeons tourner sur eux-mêmes et *principalement* sur le côté du tubercule enlevé. Le contraire a eu lieu chez les grenouilles, c'est-à-dire que, le tubercule bijumeau droit étant soustrait, le tournoiement s'est opéré à gauche (2). On n'a point oublié que, chez les mammifères et les oiseaux, l'action des tubercules précédents sur la vue est *croisée ;* que, d'après Desmoulins (3), cette action est *directe* chez les grenouilles. Or le tournoiement qui vient d'être indiqué nous paraît tenir (quand toutefois la lésion se borne aux tubercules et n'intéresse point les fibres pédonculaires) à la perte de la vision dans un œil. En effet, ayant complétement évacué les humeurs de l'un des yeux sur des pigeons, j'ai vu souvent ces animaux tourner sur le côté de l'œil sain et leur cou se tordre dans le même sens. C'est précisément ce qui a lieu dans les expériences où on lèse les tubercules. Chez l'oiseau, la lésion du tubercule droit laisse l'œil correspondant intact, l'animal tourne à droite ; chez la grenouille, la lésion du tubercule droit permet la vision par l'œil gauche, l'animal tourne à gauche.

Mais, quand on a blessé profondément l'un des tubercules, et qu'en même temps le pédoncule cérébral sur lequel il s'appuie a été nécessairement atteint, on observe, comme dans la lésion de ce pédoncule, un mouvement circulaire ou de manége que nous avons déjà étudié (p. 218). Dans ces cas, la lésion profonde d'un tubercule entraîne, suivant Flourens, une certaine faiblesse du côté opposé (4), au moins chez les oiseaux et les mammifères. Cette faiblesse, d'après Serres (5), survient dans le même côté, chez les reptiles, « par la raison, dit-il, du non-entrecroisement des pyramides dans les deux classes inférieures. »

En résumé, des détails dans lesquels nous venons d'entrer, il résulte que le seul usage des tubercules quadrijumeaux, qui, *jusqu'à présent*, soit démontré, se rapporte à l'exercice de la vision. Quant à l'influence sur les mouvements volontaires, que des expérimentateurs leur ont accordée, elle repose, comme nous l'avons prouvé, sur des expériences imparfaites, dans lesquelles on avait lésé des parties étrangères à la substance même de ces tubercules.

Cependant, avant de terminer, je citerai quelques faits d'anatomie comparée qui permettent de croire que les tubercules quadrijumeaux pourraient bien avoir d'autres fonctions jusqu'ici inaperçues.

Il existe, comme on le sait, des animaux qui sont ou bien réellement dépourvus de nerfs optiques, ou qui du moins ont cette paire de nerfs tellement grêle, qu'elle a échappé aux investigations de plusieurs habiles anatomistes. Les animaux dont il s'agit sont : parmi les mammifères, la taupe (*talpa europæa*), le rat-taupe du Cap (*mus capensis*), la musaraigne-musette (*sorex araneus*), la chrysochlore (*talpa asiatica*), le rat zemni (*mus typhlus*), etc. ; parmi les reptiles, le protée (*proteus anguinus*) et la cécilie ; parmi les poissons, l'aptérichte de Duméril (*murena cæca*)

(1) *Ouv. cit.*, 2e édit., p. 44 et 142.
(2) *Ibid.*, p. 51.
(3) *Ouv. cit.*, p. 594.
(4) *Ouv. cit.*, p. 146.
(5) *Ouv. cit.*, t. II, p. 649.

et la myxiné (*gastrobranchus cæcus*) (1). Or, chez ces mammifères et ces reptiles, les tubercules quadrijumeaux, suivant Serres (2), sont très bien développés (3); et néanmoins, la plupart sont réputés aveugles ou à peu près. On est donc en droit de se demander, la nature ne faisant rien en vain, pourquoi les tubercules indiqués offriraient un tel développement, s'ils n'avaient d'autre destination que celle de servir à la vision.

En admettant, avec Flourens (4), que les tubercules quadrijumeaux sont le siége du principe des contractions de l'iris, on s'étonnera de les trouver si volumineux chez les poissons, dont la pupille est généralement regardée comme immobile. Le défaut de contractilité de l'iris, dans cette classe d'animaux, a été admis par Cuvier, et aussi par Sœmmerring le fils, qui, ayant exposé aux rayons solaires, concentrés à l'aide d'une lentille, l'œil d'un brochet vivant, n'a pu déterminer aucun mouvement de l'ouverture pupillaire. Muck (5) a fait des observations analogues : « In piscibus, dit-il, iridem immobilem conspexi, etsi ipsum solis lumen oculos attigit (6). »

Le dernier mot sur les fonctions des tubercules quadrijumeaux n'a donc pas encore été donné par les physiologistes, et il faut attendre de nouvelles lumières des expériences ou de la pathologie.

D'après Valentin et Budge (7), la stimulation immédiate de ces tubercules peut exciter les contractions de la vessie, de l'estomac et du canal intestinal. Mes recherches sont loin d'avoir levé tous mes doutes sur la réalité d'une pareille influence : ici, une relation de cause à effet m'a toujours paru bien difficile à établir.

Glande pinéale.

Les fonctions de la glande pinéale sont encore à déterminer : je n'aurai donc à entretenir le lecteur que d'hypothèses pour la plupart fort anciennement émises, et en partie reproduites par des auteurs modernes ou même contemporains.

Suivant une opinion antérieure à Galien, puisqu'il la réfute, le *conarium* ou glande pinéale ferait l'office de *portier*, comme le pylore de l'estomac, et ne laisserait passer du ventricule moyen dans le ventricule du cervelet que la quantité convenable d'*esprit vital*. Du reste, voici en quels termes (*edit. gr.-lat.* de Kühn) Galien lui-même (8) expose cette opinion : « Usum conario eumdem esse existi- » mant aliqui, qui est pyloro ventriculi. Nam, ut hunc confirmant prohibere ne ex » ventriculo cibus, priusquam coctus sit, in tenue intestinum assumatur, ad eum- » dem modum et hanc glandulam, *conarium*, in principio meatus constitutam, » qui meatus spiritum ex medio ventriculo in cerebelli ventriculum transmittit, » custodem quemdam esse aiunt, et velut œconomum esse quantum spiritus mitti » oporteat. »

(1) Voir t. II, p. 76-81, de mon *Traité d'anat. et de physiol, du syst. nerv.*, où je discute l'existence des nerfs optiques chez ces divers animaux.

(2) *Ouv. cit.*, t. II, p. 329.

(3) Il est regrettable que de Blainville, qui a eu occasion de disséquer le gastrobranchus cæcus, et qui a vainement cherché les yeux et les nerfs optiques, n'ait pas noté l'état des tubercules quadrijumeaux. (Voy. *Principes d'anat. comp.* Paris, 1822, p. 428.)

(4) *Ouv. cit.*, p. 48.

(5) *Dissert. anat. de ganglio ophthalmico et nervis ciliaribus animalium.* Landshut, 1815.

(6) De Lacépède dit néanmoins que quelques espèces peuvent contracter leur pupille assez pour lui donner la forme d'une fente verticale ou horizontale ; mais il ne cite pas les espèces de poissons qui jouissent de cette faculté. (*Principes d'anat. comp.*, par de BLAINVILLE. Paris, 1822, p. 425.)

(7) *Loc. cit.*

(8) *De usu partium*, lib. VIII, cap. XIV t. III, p. 675.

Magendie (1), en considérant la glande pinéale comme un *tampon* destiné à ouvrir et à fermer l'aqueduc de Sylvius, n'a donc pas émis une hypothèse nouvelle.

Galien (2) regarde le *conarium* comme étant de nature glandulaire, ce qui permet de croire qu'il lui supposait des usages relatifs à une sécrétion. Ces usages ont paru probables à quelques physiologistes. « La présence d'une cavité dans son intérieur, dit Cruveilhier (3), l'hydropisie dont celle-ci est quelquefois le siége, sembleraient indiquer que les usages du *conarium* sont relatifs à la sécrétion d'un liquide. »

D'après Willis (4), la glande pinéale existerait surtout à cause des plexus choroïdes, et serait destinée à absorber et à retenir la sérosité exhalée du sang artériel, jusqu'à ce que les conduits lymphatiques (*lymphæ ductus*) la charrient ailleurs.

Pour combattre l'hypothèse en faveur de son temps, Galien (5) se fonde sur ce que, vu son immobilité et ses adhérences, le conarium ne peut oblitérer le conduit de communication du ventricule moyen avec le ventricule cérébelleux. Toutefois, il maintient qu'il existe un agent pour une pareille oblitération, et cet agent, suivant lui, est l'éminence vermiforme du cervelet : « Opinari autem, dit-il, transitui » spiritus præesse id conarium, hominum est *epiphyseos vermiformis* actionem » ignorantium. » Ambroise Paré (6) emprunte la même idée à Galien.

C'est surtout depuis Descartes (7) que la glande pinéale a acquis, pour ainsi dire, une certaine célébrité. Chacun sait qu'il voulut en faire la *source* des *esprits* : « Les esprits coulent de la glande pinéale dans les concavités du cerveau... Elle doit être imaginée comme une source abondante d'où les parties du sang les plus petites et les plus agitées coulent en même temps de tous côtés..... Il faut fort peu de chose pour la déterminer à s'incliner, ou se pencher plus ou moins, tantôt d'un côté, tantôt de l'autre, et faire qu'en se penchant elle dispose les esprits qui sortent d'elle à prendre leur cours vers certains endroits du cerveau plutôt que vers les autres, etc. » Ridiculisant l'idée de Descartes, on assit l'âme sur la glande pinéale comme sur un siége, d'où elle dirigerait les impulsions du cerveau, à l'aide de deux prolongements nerveux que les anatomistes appellent encore quelquefois *habenæ animi*. Aujourd'hui, ce serait peine superflue de citer les arguments opposés par Willis (8) et Sténon (9) à une hypothèse dont le temps et le sens commun ont fait justice.

Rolando (10) et Magendie (11) ont expérimenté sur la glande pinéale et ses pédoncules, mais il n'est résulté de leurs tentatives aucune conjecture sur les usages de ces parties.

Couches optiques.

Les couches optiques n'ont pas sur la vision l'influence que le nom qu'elles portent pourrait leur faire supposer. En effet, je les ai désorganisées sur des mam-

(1) *Journ. de physiol. expér.*, t. VIII, p. 225.
(2) *Loc. cit.*
(3) *Anat. descript.*, t. IV, p. 689, 690, Paris, 1836.
(4) *Anat. cerebri*, etc., cap. XIV, p. 103. Amsterdam, 1683.
(5) *Loc. cit.*, p. 676. *Edit. cit.*
(6) *Anatomie*, chap. VIII.
(7) *Traité de l'homme.*
(8) *Loc. cit.*
(9) *Discours sur l'anatomie du cerveau*, inséré dans l'*Anat. de Winslow*, t. IV, p. 147. Paris, 1776, in-12.
(10) *Journal de physiol. expér.*, t. III, p. 101.
(11) *Leç. sur les fonct. du syst. nerv.*, t. I, p. 201.

mifères et des oiseaux, et il y a eu persistance de l'impressionnabilité visuelle, puisque la pupille a continué de se resserrer sous l'influence d'une vive lumière : de plus, la stimulation directe des couches optiques n'a jamais déterminé d'oscillations dans l'iris. Au contraire, on se rappelle qu'on les fait naître à volonté en irritant les tubercules quadrijumeaux, et surtout qu'on abolit la vue, partant les contractions de l'iris, en désorganisant ces éminences. Les tubercules quadrijumeaux mériteraient donc plutôt le nom de couches optiques que ces couches elles-mêmes. Toutefois, chez l'homme, dans plusieurs observations d'épanchements sanguins siégeant dans ces derniers organes, il a pu y avoir dilatation et immobilité de la pupille, perte de la vue, parce que, placés au-dessous d'eux, les nerfs optiques eux-mêmes avaient dû être comprimés.

Si l'action des couches optiques sur le sens de la vue est nulle, ou du moins si elle est difficile à apprécier, leur influence *croisée* sur les mouvements volontaires ne saurait être mise en doute. Enlevez, chez un lapin, les deux hémisphères cérébraux, puis, même les deux corps striés; chose remarquable, la station et la progression seront encore possibles : mais, à peine aurez-vous supprimé la couche optique droite, par exemple, que l'animal tombera sur le côté gauche, et *vice versa*, sans que pourtant ce côté soit paralysé d'une manière absolue. Chez l'homme, comme le prouvent les faits pathologiques, l'action des couches optiques sur le mouvement est également *croisée ;* parfois aussi la sensibilité est lésée du même côté que le mouvement. La présence, dans ces organes, des faisceaux moteur et sensitif de la moelle (1), l'entrecroisement déjà décrit de ces mêmes faisceaux, peuvent servir à rendre compte de pareils résultats.

Si, par les fibres blanches pédonculaires qui les traversent, les couches optiques transmettent les ordres de la volonté au foyer incitateur principal du mouvement (*protubérance* ou *mésocéphale*), peut-être aussi, par leur substance grise, représentent-elles des foyers d'innervation locomotrice. Mais la force nerveuse, qu'elles sont aptes à produire en raison de leur constitution anatomique, se transmet-elle, d'une manière croisée, à toute une moitié du corps de l'homme et de l'animal supérieur, ou seulement à une partie de cette moitié? Et d'abord, qu'on sache que la couche optique et les nombreuses fibres médullaires qui s'en irradient pour constituer le lobe cérébral postérieur, sont considérées comme formant, pour ainsi dire, un même système : or, quelques auteurs ayant avancé que ces parties de l'encéphale tiennent sous leur dépendance les mouvements du membre thoracique, nous devons mentionner les preuves qu'ils ont émises en faveur de leur assertion.

Saucerotte (2) semble être le premier qui ait eu l'idée d'une pareille localisation. « On vient de voir, dit-il, qu'outre le croisement des fibres médullaires d'un côté de la tête à l'autre, et qui a été découvert en partie par de célèbres anatomistes, il y en a encore un de la partie antérieure à la postérieure, et *vice versa*, pour le mouvement des extrémités ; de façon que l'*origine des nerfs destinés au mouvement des extrémités supérieures est dans la partie postérieure du cerveau*, et réciproquement dans l'antérieure pour les extrémités inférieures. » Puis, le même auteur rapporte quelques expériences qu'il a exécutées sur des chiens, et dont les résultats lui ont paru confirmer sa manière de voir.

(1) On n'a point oublié que le faisceau sensitif occupe la région supérieure de la couche optique, et que le faisceau moteur, plus considérable que le premier, en traverse les régions inférieure et moyenne.
(2) *Prix de l'Acad. de chirurgie*, t. IV, p. 310. Paris, 1819, in-8. — *Mémoire sur les contrecoups dans les lésions de la tête*, couronné en 1769.

A l'exemple de Saucerotte, Serres et Loustau (1), ayant lésé, sur des chiens, les couches optiques et leurs radiations, disent avoir vu survenir la paralysie des extrémités antérieures. Schiff (2) penche vers le même sentiment, sans admettre néanmoins que la paralysie soit absolue.

De plus, Foville (3) et Serres (4) citent, à l'appui de l'opinion précédente, l'un *trois*, l'autre *cinq* observations pathologiques recueillies sur l'homme.

Toutes les fois que, *sur des chiens adultes*, j'ai profondément lésé les couches optiques ou leurs radiations dans les lobes cérébraux postérieurs, les animaux ont fléchi sur leurs quatre membres; et, après leur chute, il a toujours été impossible de reconnaître si la paralysie, d'ailleurs incomplète, était plus prononcée dans le train antérieur que dans le train postérieur; les mouvements m'y ont paru être également affaiblis : mêmes résultats, quand j'avais désorganisé les corps striés avec leurs radiations antérieures. *Chez les lapins*, ai-je dit, après l'ablation complète des hémisphères cérébraux, la station et la progression peuvent encore s'effectuer : la soustraction même des deux corps striés ne rend ni l'une ni l'autre impossible, et, par conséquent, ne paralyse pas plus les membres abdominaux que les membres thoraciques.

Si l'opinion, qui place dans les couches optiques et leurs radiations le principe du mouvement des membres thoraciques, ne peut pas, selon nous, s'étayer des vivisections, la pathologie lui fournit-elle des preuves qui doivent la faire admettre comme une vérité physiologique démontrée?

Le résumé d'un grand nombre d'observations, que le professeur Andral a consigné dans sa *Clinique médicale* (5), n'est nullement favorable à une pareille manière de voir. Ce résumé s'applique d'ailleurs à la fois aux lésions des couches optiques et à celles des corps striés; aussi, en traitant de ces derniers organes, devrons-nous seulement rappeler le passage suivant :

« Dans ces derniers temps, dit Andral, quelques faits ont été publiés dans le but de prouver que la paralysie des membres thoraciques dépend d'une lésion bornée aux couches optiques ou à la masse nerveuse située à leur niveau et derrière elles, et que la paralysie des membres abdominaux dépend d'une lésion des corps striés ou de la masse nerveuse située à leur niveau ou au-devant d'eux. Pour déterminer l'exactitude de cette opinion, nous avons aussi interrogé les faits; or, ne prenant que ceux dans lesquels la lésion était parfaitement limitée, nous en avons trouvé *soixante-quinze* dans lesquels cette lésion (hémorrhagie ou autre) était assez exactement circonscrite, pour qu'ils pussent servir à la solution de la question qui nous occupe.

» Sur ces soixante-quinze cas, nous en avons compté *quarante* dans lesquels les deux membres d'un côté étaient à la fois paralysés; sur ces quarante cas, il y en avait *vingt et un* dans lesquels il n'y avait de lésé que le lobule antérieur ou le corps strié; il y en avait *dix-neuf* dans lesquels la lésion avait pour siége le lobule postérieur ou la couche optique.

(1) *Anat. comp. du cerveau*, par Serres, t. II, p. 690, 692. Paris, 1827.

(2) *De vi motoria baseos encephali*, p. 14.

(3) *Recherches sur le siége spécial de différentes fonctions du système nerveux*, par Foville et Pinel-Granchamp. Mémoire publié en mars 1820.

(4) *Ouv. cité*, t. II, p. 664 et suiv. — *Annuaire médico-chirurgical des hôpitaux*. Paris, année 1819.

(5) T. V. *Maladies de l'encéphale*, p. 357, 358, 2e édit. Paris, 1833.

» Sur ces mêmes soixante-quinze cas, nous en avons trouvé *vingt-trois* dans lesquels la paralysie était bornée au seul membre thoracique, dont *onze* avec lésion du corps strié ou du lobule antérieur; *dix* avec lésion de la couche optique ou du lobule postérieur; *deux* avec lésion du lobule moyen.

» Enfin, sur ces soixante-quinze mêmes cas, nous en avons trouvé *douze* autres dans lesquels la paralysie était bornée au seul membre abdominal, dont *dix* avec lésion du corps strié ou du lobule antérieur, et *deux* avec lésion de la couche optique ou du lobule postérieur.

» De ces faits, ajoute Andral, comment ne pas conclure que, dans l'état actuel de la science, on ne peut encore assigner, dans le cerveau, un siége distinct aux mouvements des membres supérieur et inférieur? Sans doute ce siége distinct existe, puisque chacun de ces membres peut se paralyser isolément : mais nous ne le connaissons point encore. »

La conclusion précédente nous semble rigoureuse; elle s'accorde, d'ailleurs, avec les résultats de nos propres expériences, et, par conséquent, nous sommes porté à lui donner notre entière adhésion.

Comme les hémisphères cérébraux, les couches optiques peuvent être piquées et dilacérées, chez l'animal vivant, sans qu'il y ait ni contraction dans les muscles volontaires, ni apparence de douleur.

En blessant directement l'une des couches optiques, sur des lapins, sans ablation préalable des hémisphères, nous avons déterminé un mouvement circulaire ou de manége, comme à la suite de la lésion partielle de l'un des pédoncules cérébraux (voy. p. 218) : ce mouvement avait constamment lieu vers le *côté opposé à la lésion*. Lafargue (1) a été témoin du même phénomène. « J'ai retranché, sur une grenouille, dit Flourens (2), la couche optique droite : la grenouille a tourné longtemps et irrésistiblement sur le côté droit. J'ai retranché, sur une autre grenouille, la couche optique gauche : l'animal a tourné sur le côté gauche. » Ce résultat tendrait à prouver que, dans les reptiles, il n'y a point *croisement d'effet*, comme dans les vertébrés supérieurs. D'après Schiff (3), le sens dans lequel s'accomplirait le mouvement de manége, chez ces derniers, varierait suivant la partie de la couche optique qu'on aurait détruite. La destruction des trois quarts antérieurs de cet organe, chez les lapins, déterminerait le mouvement vers le côté lésé, et celle de son quart postérieur vers le côté opposé à la lésion, c'est-à-dire comme après la section du pédoncule cérébral. Pour se rendre compte de l'influence *directe* des trois quarts antérieurs des couches optiques sur les mouvements, cet expérimentateur admet, au niveau de l'espace perforé moyen, un entrecroisement fibrillaire qui neutraliserait celui des pyramides, entrecroisement déjà aperçu, suivant lui, par Wernekink de Giessen. Du reste, Schiff s'explique le mouvement circulaire, après la lésion d'une couche optique comme après celle d'un pédoncule cérébral, par la paralysie des muscles abducteurs de l'un des membres thoraciques et par celle des adducteurs de l'autre. Il n'admet pas le moindre affaiblissement dans les extrémités postérieures, après l'ablation des deux couches optiques; tandis que, suivant lui, cette ablation empêche la station sur les extrémi-

(1) *Thèse cit.*, p. 17.
(2) *Ouv. cit.*, 2e édit., p. 51.
(3) *Roser's und Wunderlich's Archiv für physiol. Heilkunde*. 1846. S. 667 ff.

tés antérieures, sans les paralyser d'une manière complète. Nous avons déjà fait connaître notre sentiment à cet égard.

Budge (1), Valentin (2) et Schiff (3) affirment qu'on peut exciter les contractions de l'estomac et des intestins, à l'aide de la stimulation directe des couches optiques; et Budge prétend que ces effets se produisent surtout quand on agit sur la couche optique droite. Dans les résultats que j'ai moi-même obtenus, il y a eu une telle inconstance qu'il m'est impossible d'admettre une pareille assertion comme établie sur des preuves concluantes. Il est vrai que mes expériences ont été faites sur des chiens et des lapins, et non sur des chats que ces auteurs semblent recommander comme plus propres à ces sortes de recherches. Mes expériences n'ont pas été plus probantes à l'égard de l'influence des couches optiques sur les mouvements du cœur, influence admise par Valentin (4).

Corps striés.

Willis (5) avait placé dans les corps striés le *sensorium commune* : il leur faisait aboutir toutes les sensations et les regardait comme le réceptacle du principe de tous les mouvements volontaires. « Hæc pars (corpora striata), dit-il, commune » sensorium est, quod sensibilium omnium ictus a nervis cujusque organi delatos » accipit, adeoque omnis sensionis perceptionem efficit..... Atque insuper hæc cor- » pora, uti sensuum omnium impetus, ita motuum localium spontaneorum primos » instinctus suscipiunt. » Suivant Willis, tous les nerfs, spécialement ceux de la vue et de l'odorat, naissent dans le voisinage des corps striés : puis, pour confirmer son opinion sur les usages de ces organes, il prétend les avoir toujours vus ramollis et atrophiés chez les individus atteints de paralysie et d'anesthésie anciennes. Enfin il ajoute que, dans les tout jeunes animaux qui manquent de la vue, et chez lesquels les autres fonctions sensoriales et locomotrices s'accomplissent difficilement, les corps striés ou leurs radiations sont à peine formés et seulement rudimentaires.

Ces idées de Willis régnèrent pendant longtemps dans la science, et beaucoup de physiologistes firent effort pour en démontrer l'exactitude, soit par des expériences sur les animaux vivants, soit par des observations pathologiques sur le cerveau de l'homme.

Aujourd'hui qu'on repousse l'opinion de Willis sur les usages des corps striés, comme une hypothèse sans fondement, on est loin assurément de lui en avoir substitué une autre plus plausible et mieux établie. Ce qui va suivre viendra en aide à notre assertion.

Saucerotte (6) pratiqua, sur des chiens, des expériences qui lui firent croire que la partie antérieure des hémisphères (radiations des corps striés) influençait *seulement* le mouvement des membres pelviens. D'après le même auteur, comme on l'a vu (p. 227), la partie postérieure de ces hémisphères (radiations des couches optiques) tiendrait sous sa dépendance le mouvement des membres thoraciques. Serres (7), ayant répété l'expérience de Saucerotte sur un chien et sur un chat

(1) *Untersuchungen über das Nervensystem*, p. 149, 152. 1841.
(2) *Repertorium*, etc., t. VI, p. 359.
(3) *Mém. cit.*
(4) *Lehrbuch der Physiol.*, t. II.
(5) *Anatome cerebri*, etc., cap. XIII, p. 95 et seq. Amsterdam, 1683 ; édit. in-12.
(6) Mémoire inséré dans les *Prix de l'Acad. de chirurgie*, t. IV, p. 290. Paris, 1819, in-8.
(7) *Ouv. cit.*, t. II, p. 689.

dit avoir aussi reconnu que la lésion des radiations antérieures des corps striés paralyse *exclusivement* les membres abdominaux.

Nous avons déjà dit que, dans nos expériences sur des chiens adultes, nous avions toujours vu ces animaux fléchir sur leurs quatre membres, après la désorganisation, soit des lobes antérieurs, soit des lobes postérieurs, et qu'il nous avait été impossible de constater plus de faiblesse dans une paire de membres que dans une autre. Ajoutons que l'ablation entière des corps striés et des lobes antérieurs, chez un grand nombre de lapins, n'a jamais été suivie d'une paralysie plus appréciable dans le train postérieur que dans le train antérieur : constamment nous avons vu ces animaux, à moins qu'ils ne fussent épuisés par une hémorrhagie, pouvoir, quand on les excitait, courir en se servant également de leurs quatre membres.

Mais, les résultats n'étant pas uniformes chez les animaux de diverses espèces, il importait, pour chercher à éclairer la question, d'avoir recours aux faits pathologiques recueillis sur l'homme lui-même. Dans un autre ouvrage (1), je me suis déjà appliqué à apprécier la valeur de ces faits dus à divers observateurs, et de cet examen il est résulté qu'une lésion du corps strié ou du lobule antérieur, chez l'homme, peut paralyser isolément soit le membre thoracique, soit le membre abdominal; qu'elle peut aussi paralyser ces deux membres à la fois; qu'enfin les mêmes effets peuvent se produire par suite de la lésion de la couche optique ou du lobule cérébral postérieur.

Les faits pathologiques, d'accord avec nos expériences, ne sont donc nullement favorables au sentiment de Saucerotte.

Magendie a également émis une opinion sur les usages des corps striés. D'après lui (2), il existe, chez les mammifères et chez l'homme, une force intérieure qui les pousse à marcher en avant, une autre force qui les porte à reculer : la première réside dans le cervelet ; la seconde, dans les corps striés. Dans l'état sain, ces deux forces sont dirigées par la volonté, et se contrebalancent mutuellement. Mais, suivant le même physiologiste, si l'on enlève l'un ou l'autre organe où siégent ces forces, l'antagoniste demeuré sain obtient tout son effet : de là, la rétrocession irrésistible après l'ablation du cervelet, et la propulsion, également irrésistible, après la soustraction des corps striés.

Pour que ce dernier phénomène se manifeste, il faut, selon la recommandation de Magendie, ne pas se borner à enlever la substance grise des corps striés : « Ce qui n'a pas lieu, dit-il, par la soustraction de la matière grise, commence à se montrer dès que la blanche est intéressée ; l'animal s'agite, marque de l'inquiétude, cherche à s'échapper ; cependant, si un seul des corps striés est enlevé, il reste encore maître de ses mouvements et les dirige en divers sens, s'arrête quand il lui plaît ; mais, immédiatement après la section du second corps strié, l'animal se précipite en avant comme poussé par un pouvoir irrésistible (3). »

Sur un très grand nombre de lapins vigoureux et âgés de trois ou quatre mois, comme le conseille Magendie, j'ai enlevé *complétement* les hémisphères cérébraux, puis les deux corps striés, en rasant les bords antérieur et externe des couches optiques ; et, à l'exception d'une seule fois, où la cinquième paire ayant été piquée,

(1) *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. I, p. 518. Paris, 1842.

(2) *Élém. de physiol.*, t. I, p. 407, 409. Paris, 1836. — *Journ. de physiol. expérim.*, t. III, p. 376, 1823. — *Leç. sur les fonct. du syst. nerv.*, t. I, p. 280. Paris, 1839.

(3) Consultez, dans mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. I, p. 519, l'analyse d'une observation de Piédagnel, observation que Magendie a cru devoir citer comme confirmative de son opinion sur les usages des corps striés.

l'animal s'est enfui en criant, tous les lapins sont demeurés immobiles. J'ai varié l'expérience, en enlevant les corps striés seulement avec la portion des hémisphères où ils s'irradient : les effets ont été les mêmes. Toutes les personnes qui, à diverses époques, ont assisté à mes cours de vivisections, ont été témoins de ces résultats négatifs, confirmés par les expériences plus récentes de Schiff (1). Il m'a toujours fallu pincer fortement la queue des animaux pour les faire s'élancer en avant : alors, ils s'enfuyaient le plus souvent en poussant un cri ; mais la propulsion n'avait rien d'*irrésistible*, puisqu'ils s'arrêtaient bientôt, pour se précipiter derechef sous l'influence d'une excitation nouvelle.

Lafargue (2) a également obtenu, de ses expériences sur les corps striés, les résultats négatifs que j'ai constatés moi-même. « Elles occasionnaient, dit-il, une profonde stupeur ; et quand, à force d'excitations, on parvenait à faire marcher les lapins mutilés, leur progression était lente, parce qu'ils étaient aveugles... Dans tous ces cas, pas de propulsion rapide, malgré la destruction des corps striés. » Toutefois, Lafargue a vu deux fois les lapins se précipiter en avant après cette mutilation : s'étant convaincu par l'autopsie, ce qui est réel, que la section des corps striés s'accompagne le plus souvent de la lésion ou même de la division des nerfs optiques, cet expérimentateur avance que la *propulsion prétendue irrésistible*, attribuée par Magendie à un principe moteur particulier, reconnaît pour causes la frayeur et la cécité réunies. « Pour que ma présomption se changeât en certitude, ajoute-t-il, il fallait, au moyen d'une mutilation quelconque, troubler, effrayer profondément un lapin vigoureux, en le privant de la vue, en conservant ses mouvements ; il fallait que, malgré l'intégrité des corps striés, il présentât, avec toutes ses circonstances, le mouvement de propulsion. Or, deux fois, une mutilation des hémisphères qui avait entraîné la cécité (3) a donné lieu à ce mouvement ; la blessure des tubercules quadrijumeaux a causé deux fois une fuite rapide. En terminant, Lafargue affirme que l'on a pris pour l'effet d'une impulsion spéciale, la *fuite* pure et simple d'un animal *aveugle* et jeté dans un état d'excitation douloureuse (4).

Des faits précédents, nous concluons aussi que la force motrice spéciale, que Magendie place dans les corps striés, est une force purement imaginaire.

Aucun fait ne démontre que les corps striés aient la moindre influence sur l'olfaction : le nom de *couches des nerfs ethmoïdaux* ou olfactifs, sous lequel Chaussier les désigne, ne saurait être justifié ni au point de vue anatomique, ni au point de vue physiologique. Les corps striés manquent à des animaux pourvus de nerfs olfactifs énormes, et, au contraire, ils sont très développés chez les cétacés dont les nerfs olfactifs sont tellement rudimentaires, qu'ils ont échappé à l'investigation de plusieurs anatomistes célèbres.

Chez les animaux vivants, les corps striés semblent être complétement insensi-

(1) *De vi motoria baseos encephali*, etc., p. 4.

(2) *Thèse citée*.

(3) Il n'est pas démontré, pour nous, que cette mutilation entraîne la cécité absolue, même chez les mammifères.

(4) Schiff (*Mém. cit.*) qui, après l'ablation des corps striés, a vu aussi les animaux rester d'abord immobiles tant qu'ils n'étaient soumis à aucune excitation, mais qui les a vus s'enfuir avec vitesse quand il les avait excités, n'admet point, d'après ses expériences, que la cécité puisse être invoquée pour expliquer un pareil mouvement de propulsion ; il fait dépendre celui-ci de la lésion des lobes cérébraux eux-mêmes, lésion qui paralyse l'action modératrice de la volonté.

bles aux irritants mécaniques; ils peuvent être dilacérés sans qu'il y ait manifestation d'aucune douleur, sans que la moindre contraction musculaire survienne. Sous ces rapports, on peut donc les assimiler aux couches optiques et aux hémisphères cérébraux : mais, de pareils résultats ne nous apprennent rien sur les fonctions spéciales des corps striés, fonctions qui restent encore à déterminer.

Quant à l'influence de ces organes sur les mouvements du cœur, de l'estomac et du canal intestinal, influence admise par Valentin, etc. (*loc. cit.*), je ne puis que répéter ce que j'ai dit (p. 230) à propos des couches optiques.

Corps calleux, voûte à trois piliers et cloison transparente.

Corps calleux.

Dans un Mémoire intitulé, *Observations par lesquelles on tâche de découvrir la partie du cerveau où l'âme exerce ses fonctions*, Lapeyronie (1) se détermina à faire du corps calleux, comme le disent les anatomistes, le *siége de l'âme*. On a déjà vu que Descartes avait accordé la même prérogative à la glande pinéale, et Willis au corps strié.

L'hypothèse de Lapeyronie trouva des partisans tels que Louis, Chopart, Saucerotte, etc. Ce dernier auteur (2) pensa même pouvoir la confirmer, jusqu'à un certain point, à l'aide de deux expériences (16 et 17) sur des chiens : « Je portai, dit-il, doucement et perpendiculairement un scalpel vers le corps calleux, que j'incisai légèrement de devant en arrière. Dans le moment de la section, l'animal eut un violent trémoussement dans tout le corps; *et*, *dans l'instant*, *il tomba dans la léthargie*... Il paraissait avoir le sentiment anéanti; car je lui coupai le nez et le lui brûlai, lui piquai les yeux, lui enfonçai un scalpel dans les muscles, sans qu'il parût avoir de sentiment... » Saucerotte obtint des effets analogues, sur un second chien, en comprimant le corps calleux à l'aide d'une lame de plomb.

J'essaierai, plus loin, d'apprécier l'opinion de Lapeyronie, autant du moins qu'une opinion de cette nature puisse l'être, non par des expériences sur les animaux, mais à l'aide des faits d'anatomie anormale et d'anatomie pathologique relatifs au corps calleux. Pour le moment, je ferai connaître seulement les résultats empruntés aux vivisections; résultats qui, il faut bien l'avouer, ne sont guère propres à nous éclairer sur les usages de cet organe.

Chez des lapins et chez de jeunes chiens, les lésions artificielles du corps calleux ne m'ont pas paru troubler, d'une manière appréciable, les mouvements volontaires. J'ai incisé cette commissure dans toute sa longueur sur des lapins qui étaient dans la station, et néanmoins ils ont continué à se soutenir sur leurs quatre membres : ou bien, sous l'influence d'un stimulus, ils se sont mis à courir, comme avant l'opération : du reste, pas la moindre secousse convulsive, pas le moindre signe de douleur pendant sa durée. Chez les chiens *adultes*, les résultats ne sont pas identiquement les mêmes; car, par suite de l'hémorrhagie abondante qui survient pendant qu'on met péniblement à nu leurs hémisphères, ces animaux ne peuvent déjà plus se tenir debout après cette opération préalable. Toutefois, leurs quatre membres se meuvent encore, quand le corps calleux a été incisé, et constamment, chez les

(1) *Journal de Trévoux*. 1709. — *Mém. de l'Acad. des sciences de Paris*, année 1741, p. 199.
(2) *Mém. sur les contre-coups dans les lésions de la tête*. Dans *Prix de l'Acad. de chirurg.*, t. IV, p. 313 et 334. Paris, 1819, in-8.

chiens adultes comme chez les jeunes chiens et les lapins, la sensibilité persiste, puisqu'ils poussent des cris, si l'on vient à pincer fortement une partie de leur corps. Sur aucun de ces animaux, je n'ai vu survenir le trémoussement convulsif dont parle Saucerotte ; il n'éclate que quand on lèse assez profondément des parties étrangères au corps calleux, et situées au-dessous de lui : les tubercules quadrijumeaux par exemple.

Sous ce rapport, mes expériences s'accordent avec celles de Lorry (1). « Ni les irritations du cerveau, dit cet observateur, ni *celles du corps calleux lui-même, ne produisent de convulsions.* On peut l'emporter même impunément ; la seule partie, entre celles qui sont contenues dans le cerveau, qui ait paru capable uniformément et universellement d'exciter des convulsions, c'est la moelle allongée. C'est elle qui les produit à l'exclusion de toutes les autres. « Flourens (2), Magendie (3), Serres (4), etc., ont également obtenu des résultats négatifs en expérimentant sur le corps calleux.

Quant à l'assertion de Valentin (5), qui admet que l'excitation directe du corps calleux modifie les contractions du cœur, il ne m'a pas été possible de la confirmer.

Tréviranus (6) regarde le corps calleux et les autres commissures comme les liens nécessaires des deux hémisphères, comme la cause de l'unité des fonctions intellectuelles. Il se fonde sur des faits dans lesquels diverses lésions du corps calleux avaient été suivies de trouble ou d'abolition de l'intelligence : je vais revenir sur l'appréciation de ces faits. Si l'on veut admettre, avec Tréviranus, que les opérations de comparaison mentale se passent dans les commissures, ou plutôt réclament leur intervention, il restera à expliquer comment les oiseaux, par exemple, qui sont dépourvus de corps calleux et de pont de Varole, peuvent comparer leurs sensations tout aussi bien que les mammifères. Ce n'est pas entre deux idées venant l'une de droite et l'autre de gauche, mais entre deux idées successives, que nous établissons des comparaisons. Toutefois, nous ne voudrions pas affirmer que les commissures ne servent aucunement à compléter l'unité psychologique dans ses conditions matérielles.

Le corps calleux peut manquer, dans l'espèce humaine, ou présenter des vices de conformation très prononcés, sans qu'il en résulte un préjudice notable pour l'entretien de la vie, pour la réceptivité des sensations ou l'exercice des mouvements volontaires. Plusieurs exemples en fournissent la preuve incontestable : tels sont ceux que rapportent Reil (7), Solly (8), Fœrg (9), Chatto (10) et Paget (11).

C'est à tort que Chopart (12) n'hésite pas à affirmer « que l'affection du corps calleux est une cause du défaut d'intelligence ou de la perte de la raison. »

(1) *Mém. des savants étrangers*, t. III.

(2) *Recherches expérimentales sur les fonctions et les propriétés du syst. nerv.*, p. 21. Paris, 1842, 2e édit.

(3) *Leçons sur les fonct. du syst. nerv.*, t. I, p. 181. 1839.

(4) *Annuaire des hôpitaux*, 3e et 4e expér., p. 359. — *Anat. comp. du cerv.*, t. II, p. 702.

(5) *Ouv. cit.*

(6) *Journ. complém. du Dict. des sc. méd.*, t. XVII, p. 36.

(7) *Arch. für die Physiol.*, t. XI, p. 341. — Consultez aussi MECKEL'S *Handbuch der pathologischen Anat.*, t. I, p. 301 ; et WENZEL, *De penitiori struct. cereb.*, p. 302.

(8) *The human brain, its structure, physiology and diseases*, 2e édit. London, 1847.

(9) *Beitrage zur Kenntniss von innern Baue des mensch. Gehirns.* Stuttgardt, 1844.

(10) *London med. Gaz.* Janvier 1845.

(11) *London med. chir. Transact.*, t. XXIX.

(12) *Mém. sur les contre-coups dans les lésions de la tête.* Dans *Prix de l'Acad. de chirurgie.* t. IV, p. 408, édit. in-8.

Assurément, à l'exemple de Lapeyronie (1), il serait facile de rassembler un assez grand nombre de faits dans lesquels diverses lésions du corps calleux ont été suivies de dérangement ou d'abolition plus ou moins complète de l'intelligence (2) : mais il faut remarquer que, dans ces différents cas, il existait d'autres lésions du cerveau ou des épanchements considérables de sérosité, qui suffisaient déjà pour expliquer le dérangement des facultés intellectuelles. Dans la dixième observation rapportée par cet auteur, observation si concluante à ses yeux, il importe de noter qu'il s'écoulait de la plaie une matière épaisse *avec des flocons de substance cérébrale*. A quelle partie de l'encéphale provenait cette dernière substance? C'est ce qu'on n'a pu reconnaître, le malade ayant guéri au bout de deux mois.

Il est vrai que l'absence ou le défaut de développement du corps calleux a été observé chez des individus dont l'intelligence était faible (3) : mais, ce vice de conformation ayant coïncidé avec d'autres imperfections des hémisphères cérébraux, il n'y a rien là qui puisse confirmer l'opinion de Lapeyronie. En un mot, aucune preuve pathologique certaine ne démontre le rôle nécessaire du corps calleux dans l'exercice de l'intelligence.

Voûte à trois piliers et cloison transparente.

Galien (4) assigne des fonctions toutes mécaniques à la voûte : il pense que sa forme arquée la rend propre à remplir l'usage des voûtes dans les édifices, et qu'elle est destinée à supporter les parties sus-jacentes de l'encéphale : « Usus sane » illius fornicati corporis nullus alius est putandus, quam fornicum in ædificiis; » quemadmodum enim fornices ad incumbentia onera sustinenda sunt quavis alia » figura aptiores, ita et hoc corpus partem cerebri omnem incumbentem citra molestiam sustinet..... » Ambroise Paré (5) reproduit l'opinion de Galien dans les termes suivants : « La cause de telle figure, qui par dehors bossue et par dedans creuse, a esté à fin qu'il peust mieux soutenir et porter la grande quantité du cerveau qui est appuyé et mis tant d'un costé que de l'autre : car ceste figure ou vouste soutient plus grand faix que toute autre (6). »

Assurément, il n'est plus aujourd'hui aucun physiologiste assez *mécanicien* pour partager l'opinion précédente.

Quant à celle qui consisterait à regarder la voûte comme une commissure antéro-postérieure destinée à établir une sorte de *consensus* entre les lobes d'un même hémisphère, et à les mettre en état de synergie ou de sympathie, elle pourrait paraître plus probable. Mais aucun fait expérimental ne tend à établir que la voûte soit plutôt en rapport avec l'impressionnabilité qu'avec l'innervation, ou, en d'au-

(1) *Mém. cit.*

(2) Félix PLATER, *Obs.*, lib. I, p. 13. — FANTONI, *Epist. de observ. med. ad Mangetum. Epist.* V. — *In Pacchioni animadv.*, 22. — SOYE, *Collect. Acad.*, t. VII, p. 30, obs. VII, extr. du *Journal des savants*. 1697. — ROCHOUX, *Recherch. sur l'apoplexie*, p. 178. — LALLEMAND, *Lettres sur l'encéphale*, lettre 2, observ. 18, 19; lettres 3, 4, 5, 7, 8 et 9, obs. 2. — ABERCROMBIE, *Malad. de l'enceph. et de la moelle épinière*, trad. de Gendrin, p. 169 et suiv.

(3) Toutefois, dans l'observation de vice de conformation du corps calleux, rapportée par Paget (*loc. cit.*), il est dit positivement que le sujet était doué de facultés morales et intellectuelles ordinaires.

(4) *De usu partium*, lib. VIII, cap. XI.

(5) *Anat.*, 3e liv., chap. VII, p. 212. Edit. de MALGAIGNE.

(6) Dans un autre passage de ses écrits (*De anat. demonstr.*, lib. IX, cap. IV), Galien retire à la voûte les usages qu'il lui avait d'abord accordés. Il dit que la substance cérébrale, qui repose sur la voûte, est suspendue par les replis de la dure-mère, et que, par ce moyen, la cavité des ventricules est maintenue ouverte sans que la voûte serve d'appui (στήριγμα).

tres termes, que ses usages soient relatifs plutôt à l'exercice de la sensibilité qu'à celui du mouvement. En divisant le corps calleux, sur des animaux (*chiens adultes*), soit en travers, soit en long, et, par conséquent, en divisant aussi la voûte, je n'ai donné lieu à aucune contraction dans les muscles, à aucune manifestation de douleur.

Voyons si la pathologie peut nous fournir quelques données utiles sur les fonctions de la voûte et de la *cloison transparente*.

Les cas de lésion de la voûte et de la cloison transparente, avec épanchements dans les ventricules ou avec d'autres altérations encéphaliques, sont assez fréquents; malheureusement, nous ne saurions les mettre à profit. Les seuls faits à invoquer sont ceux dans lesquels la lésion morbide avait son siége exclusif ou principal dans la voûte et la cloison; mais ils sont extrêmement rares. J'en ai relaté plusieurs dans mon *Traité d'anatomie et de physiologie du système nerveux* (1). Ici je rappellerai seulement que, dans ces observations, les symptômes dominants ont été une vive céphalalgie (2), le délire, l'incohérence dans les idées. Mais, qui oserait conclure, d'après un aussi petit nombre de faits, que les usages de la voûte et de la cloison se rapportent surtout à l'exercice des fonctions intellectuelles plutôt qu'à celui des fonctions sensoriales ou locomotrices? car il faut noter qu'il y a eu trouble prononcé de la vision dans un cas, secousses convulsives dans un autre, etc.

Ventricules du cerveau et cornes d'Ammon.

Galien (3) localisait le sens de l'odorat dans les ventricules latéraux qu'il nomme *antérieurs* : « Sensum odoris, dit-il, in ventriculis cerebri anterioribus fieri existimavimus. » Il croyait qu'à chaque inspiration, l'air, chargé des molécules odorantes, y pénétrait par les trous de la lame criblée. D'après lui, ces ventricules servaient encore à préparer, à élaborer l'*esprit animal* (τὸ ψυχικὸν πνεῦμα) « Conficiunt ac præparant ipsi cerebro spiritum animalem (4). »

Cette dernière opinion a été reproduite, avec de légères modifications, par Vésale (5).

Le sentiment de Galien et de Vésale a été combattu par Willis (6), qui s'élève aussi contre l'opinion de ceux qui veulent placer dans les ventricules le siége de l'âme (*suprema animæ sedes*). Suivant Willis (7), les cavités ventriculaires servent seulement de réceptacle aux *humeurs séreuses* de l'encéphale.

Si on leur accorde ce dernier usage, on doit également, selon nous, les regarder comme principalement destinées à offrir à la pie-mère une surface plus étendue pour l'expansion des vaisseaux sanguins, et à faciliter la distribution de ces derniers dans tous les points de l'encéphale. En effet, on comprend que si des masses

(1) T. I, p. 552. Paris, 1842.

(2) Les vivisections ne permettaient guère de prévoir un pareil symptôme, puisque la section ou la dilacération de la voûte, chez les animaux, ne semble point occasionner de la douleur. Toutefois ces résultats, en apparence contradictoires, s'expliquent facilement, quand on se rappelle qu'il est beaucoup de parties, insensibles à l'état normal, dans lesquelles les maladies développent une extrême sensibilité.

(3) *De instrumento odoratus*, cap. IV, t. II, p. 869. *Op. omn.*, édit. gr. lat. de Kühn.

(4) *De usu partium*, lib. VIII, cap. X.

(5) *De humani corporis fabrica*, lib. VII, cap. VI. *In fine*.

(6) *Anat. cerebri*, etc., cap. XI, p. 84 et seq. Amsterdam, 1683. Edit. in-12.

(7) *Op. cit.*, cap. XII.

aussi considérables que les hémisphères cérébraux eussent été pleines, le sang n'aurait pu y aborder que par leur circonférence ; d'où une circulation moins libre et moins assurée qu'avec une distribution vasculaire à la fois centrale et périphérique.

Aujourd'hui qu'on sait parfaitement que l'air atmosphérique ne pénètre point dans les ventricules latéraux, l'introduction des molécules odorantes, jusque dans leur intérieur, pendant l'inspiration, n'est plus admise par aucun physiologiste. Toutefois, si les matières odorantes ne semblent pas parvenir, *en nature*, jusqu'à l'encéphale, les impressions qu'elles occasionnent lui sont du moins transmises et s'y élaborent : mais rien ne prouve que l'élaboration des impressions olfactives s'effectue à la surface des ventricules latéraux, comme le supposait Galien ; et, encore de nos jours, on ignore le lieu précis où elle s'opère.

Prétendre, avec le même auteur et avec Vésale, que l'esprit animal, ou plutôt le principe nerveux, est engendré dans les ventricules, c'est émettre une assertion insoutenable, puisqu'il est bien démontré aujourd'hui, par les expériences, que la force nerveuse émane de parties multiples qui concourent à former surtout l'axe cérébro-spinal. A l'exemple de Willis (1), de Vieussens (2), etc., nous croyons qu'elle provient spécialement et uniquement de la substance grise : nous avons déjà exposé les arguments qu'on peut alléguer à l'appui de cette manière de voir.

Après avoir examiné les précédentes opinions sur les usages des ventricules latéraux, et avoir motivé celle que nous avons choisie, il nous reste à dire en peu de mots ce qu'on observe, sur les animaux vivants, quand on irrite mécaniquement la surface de ces ventricules. On a déjà vu que le corps calleux, qui en forme la paroi supérieure, peut être piqué et divisé, sans donner lieu à des douleurs apparentes ou à des secousses convulsives : il en est de même de tout le reste de la surface ventriculaire latérale.

Broussais (3) pense que « les ventricules ont pour parois la *substance nerveuse du sentiment*, qui est la même que celle qui se trouve sur la surface postérieure de la moelle ; » il ajoute qu'il a déduit cette opinion « non pas *à priori*, mais des maladies. » Je n'ai pu retrouver les faits pathologiques auxquels Broussais fait allusion.

Corne d'Ammon.

Selon Tréviranus (4), la corne d'Ammon fait partie des organes les plus importants de l'encéphale des mammifères : elle est en relation intime, d'un côté, avec les nerfs olfactifs et le corps strié ; de l'autre, avec le corps calleux et la voûte à trois piliers. Ces circonstances prouveraient, ajoute cet anatomiste, que la corne d'Ammon doit être plus qu'une simple circonvolution du cerveau ; car aucune circonvolution n'est en relation aussi intime et aussi distincte avec tout l'intérieur et l'extérieur de ce viscère. « Ce qu'on peut avancer avec *quelque vraisemblance* sur la fonction de la corne d'Ammon, dit Tréviranus, c'est, *ce me semble*, que cette partie est, moins que la plupart des autres organes encéphaliques, en connexion immédiate avec la moelle allongée et la sphère de la vie végétative, et qu'elle

(1) *Anat. cerebri*, etc., cap. X, p. 76., édit. citée.
(2) *Nevrographia universalis*, cap. XVIII, p. 113. Lyon, 1685.
(3) *Cours de phrénologie*, p. 143. Paris, 1836.
(4) *Recherch. sur la struct. et les fonct. de l'encéph.*, etc. Dans *Archives générales de médecine*, t. III, p. 233 et suiv., 1823.

se rapporte au nerf olfactif... Son volume n'est en rapport direct qu'avec le volume des nerfs olfactifs, et la substance médullaire de son extrémité inférieure se confond avec le noyau médullaire duquel naissent les racines externes de cette paire nerveuse... La corne d'Ammon coopère donc *vraisemblablement* à une fonction de la vie intellectuelle supérieure; *peut-être* à la réminiscence, qui est si bien réveillée par des impressions exercées sur le sens de l'olfaction. »

Voilà bien des *vraisemblablement* et des *peut-être*, pour protéger une hypothèse qui, d'ailleurs, à nos yeux, ne se fonde sur aucune preuve. Et d'abord, dans l'espèce humaine, il nous a été impossible de démontrer les connexions de l'organe dont il s'agit avec la racine externe du nerf olfactif; puis, selon la remarque de Cruveilhier (1), « il est malheureux pour l'hypothèse de Tréviranus que l'animal qui a la corne d'Ammon la plus développée, le lièvre, soit précisément celui auquel on accorde le moins de mémoire. »

Foville (2) a été conduit, par ses propres observations, à *soupçonner* que la corne d'Ammon et les plans fibreux du lobe temporal sont le siége spécial du principe des mouvements de la langue. Je ne saurais partager davantage ce soupçon, attendu que je trouve la paralysie de la langue notée dans une multitude d'observations dans lesquelles la lésion cérébrale siégeait bien loin des parties indiquées.

Avouons donc, comme nous avons dû le faire trop souvent à l'égard d'autres organes encéphaliques, que les usages de la corne d'Ammon sont encore inconnus.

Glande pituitaire et infundibulum.

Selon les uns, la glande pituitaire est une sorte d'éponge qui d'abord absorbe la pituite ou les humeurs du cerveau transmises par l'infundibulum, et qui, trop pleine, les laisse bientôt s'écouler à l'extérieur du crâne (Galien, Vésale, etc.) suivant les autres, elle représente exclusivement un organe sécréteur (Diemerbroeck, Leclerc, Manget, etc.); pour d'autres enfin, le corps pituitaire est à la fois une glande et un organe propre à l'excrétion des humeurs cérébrales (Willis Vieussens, etc.).

Quant à la question de savoir quelles voies parcourent ces humeurs pour s'échapper au dehors, les anciens auteurs sont divisés d'opinion.

Galien (3), faisant servir l'infundibulum et le corps pituitaire à excréter une *partie* de la pituite du cerveau, pense qu'elle s'écoule à travers les porosités de la selle turcique. D'après lui, le liquide exhalé des ventricules latéraux est transmis dans les fosses nasales, à travers la lame criblée de l'ethmoïde, par l'entremise des processus olfactifs; tandis que celui qui provient des ventricules cérébelleux et moyen suit l'infundibulum et le corps pituitaire pour arriver au *palais* à travers le tissu poreux du corps du sphénoïde.

Vésale (4), attribuant à l'appareil pituitaire le même usage que lui accorde Galien, critique avec des paroles acerbes l'opinion de cet auteur en ce qui concerne le trajet ultérieur de la pituite cérébrale : il prétend qu'elle coule par tous les trous de la base du crâne, « per omnia foramina hic in calvariæ basi tum venis tum arteriis, tum nervis ipsis exculpta. »

(1) *Anat. descript.*, t. IV, p. 694. Paris, 1836.
(2) Art. ENCÉPHALE du *Dict. de méd. et de chirurg. prat.*, t. VII, p. 218.
(3) *De usu partium*, lib. IX, cap. III. — Lib. VIII, cap. X.
(4) *Hum. corp. fabrica*, lib. VII, cap. XI.

D'après Diemerbroeck (1), la glande pituitaire sécrète un liquide qui, par le moyen de l'infundibulum, s'épanche dans le troisième ventricule, de là dans les ventricules latéraux, d'où il parvient dans les fosses nasales à l'aide des *processus mamillares* (nerfs olfactifs). Meckel (2), embrassant une partie de cette opinion, dit « qu'il serait possible que l'entonnoir servît à transmettre dans les ventricules cérébraux un fluide sécrété par l'hypophyse. »

Le corps pituitaire, aux yeux de Willis (3) et de Vieussens (4), est à la fois une glande et un organe propre à recevoir l'excès des humeurs exhalées du cerveau; mais ces deux auteurs tracent au liquide des voies d'excrétion toutes différentes de celles qu'avaient admises Galien, Vésale et Diemerbroeck. La glande pituitaire communiquerait directement avec les sinus veineux qui l'entourent, et, d'après Vieussens, la pituite ou lymphe cérébrale serait versée d'abord dans ces sinus, puis dans la veine jugulaire, la veine cave supérieure, et enfin dans les cavités droites du cœur. Murray (5), croyant avoir démontré l'existence de deux canaux excréteurs, partant de chaque côté de la glande pituitaire pour aboutir aux sinus caverneux, partage le sentiment de Vieussens. Petit (6), généralisant plusieurs observations et subissant d'ailleurs l'influence des idées alors dominantes, prétend que la *glande pituitaire* est squirrheuse chez la plupart des individus atteints d'hydrocéphale.

Malgré les assertions des auteurs précédents, il est permis de croire que les usages du corps pituitaire restent encore ignorés. Dire que les liquides exhalés du cerveau sont absorbés par cet organe, qu'ils le traversent pour se répandre exclusivement dans les sinus caverneux et coronaire, c'est leur assigner gratuitement une voie unique d'élimination; tandis qu'il est rationnel de penser que l'humeur excrémentitielle du cerveau, selon l'expression des anciens, est, au contraire, absorbée par toutes les veines encéphaliques. Assurément, on ne voit pas en quoi l'absorption, effectuée par de tels agents, pourrait réclamer le concours du corps pituitaire.

Rappelerai-je encore l'opinion de Tiedemann (7), qui assimile le corps pituitaire à un ganglion du grand sympathique, et qui en fait le centre organique propre à diriger les mouvements associés des deux iris? J'ai déjà eu l'occasion de prouver (p. 120) qu'une pareille opinion ne reposait sur aucune base solide.

La pathologie et l'anatomie comparée ne nous ont rien appris, jusqu'à présent, sur les usages du corps pituitaire.

Lobes cérébraux ou cerveau proprement dit.

Nous nous sommes déjà appliqué à rechercher si les lobes cérébraux étaient *sensibles* par eux-mêmes; s'ils étaient *excitables* (p. 28, 30 et suiv.), c'est-à-dire si, sous l'influence d'un stimulus immédiat quelconque, ils pouvaient donner lieu à des secousses convulsives, et nous avons résolu ces questions d'une manière négative. Toutefois, nous avons fait observer qu'on tomberait dans une grave erreur, si, généralisant ce que l'expérimentation révèle, on en induisait que, dans les lé-

(1) *Loc. cit.*
(2) *Man. d'anat.* Trad. franç., t. II, 638.
(3) *Anat. cerebri*, etc., cap. XII, p. 86 et seq. Amsterdam, 1683, in-12.
(4) *Neurographia universalis*, lib. I. cap. IX, p. 53. Lyon. 1685.
(5) *Observ. anat. de infundibulo cerebri*, etc. Dans *Script. nevrol.* de Ludwig, t. II, p. 245.
(6) *Mém. de l'Acad. des Sc.*, an. 1718, p. 99.
(7) *Sur la part que le grand sympathique prend aux fonctions des organes des sens.* Dans *Journ. compl. du Dict. des sc. méd.*, t. XXIII, p. 112.

sions morbides de ces organes, chez l'homme, tout dût se passer nécessairement et toujours comme dans les expériences : mais aussi, nous avons exposé les raisons propres à concilier les résultats de l'expérimentation avec ceux de l'observation clinique. Maintenant notre étude va se diriger sur les rapports des lobes cérébraux avec les sensations, avec les mouvements volontaires, avec les facultés intellectuelles, morales et instinctives.

Des lobes cérébraux considérés dans leurs rapports avec les sensations.

Plusieurs physiologistes affirment qu'en perdant ses lobes cérébraux, l'anima perd la perception de toutes ses sensations. En ce qui concerne la *sensibilité générale*, j'ai fait valoir (p. 36 et suiv.) les arguments qui démontrent que la soustraction des lobes cérébraux n'exclut pas, d'une manière absolue, la perception simpl des impressions cutanées ou viscérales, mais qu'elle empêche seulement la formation ultérieure des idées en rapport avec cette perception. Je n'ai donc plus qu'à déterminer ici l'état des *sens spéciaux* (vue, ouïe, odorat, goût) chez un anima auquel les précédents organes ont été soustraits.

Suivant Flourens (1), quand on enlève le lobe cérébral d'un côté, l'animal n voit plus de l'œil du côté opposé ; et, quand on enlève les deux lobes, il devien aveugle, bien que les deux iris conservent leur mobilité. Magendie (2) affirme d'a bord que, « dans les oiseaux, la soustraction des hémisphères rend l'œil insensibl à la lumière la plus vive ; » puis, plus tard (3), il parle d'un canard qui « y voyai encore assez pour se conduire. » Bouillaud (4) est porté à croire, d'après ses pro pres expériences, qu'un animal sans lobes cérébraux perçoit encore des sensation lumineuses : « Il est très vrai, dit cet observateur, qu'il se heurte contre tous l obstacles ; mais la perte de la mémoire, d'où dérive la connaissance des objets ex térieurs, ne pourrait-elle pas expliquer ce phénomène? Cet animal ouvre les yeu quand on le réveille, il regarde çà et là d'un air stupide, sa pupille se contracte une forte lumière ; tous ces phénomènes s'accordent-ils avec l'absence de tout sensation de lumière ? »

Sur différents mammifères et sur des pigeons, j'ai enlevé *complétement* les hé misphères cérébraux, en ménageant avec le plus grand soin les couches optique proprement dites, les tubercules quadrijumeaux ou bijumeaux et le reste de l'encé phale. Un pigeon ainsi mutilé survécut dix-huit jours. L'animal étant placé dan l'obscurité, toutes les fois que j'approchais brusquement une lumière de ses yeux l'iris se contractait et souvent même le clignement avait lieu : mais, chose remar quable, aussitôt que j'imprimais un mouvement circulaire à la bougie enflammée, à une distance assez grande pour qu'il n'y eût point sensation de chaleur, le pigeo exécutait un mouvement analogue avec sa tête. Ces observations renouvelées chaqu jour en présence des personnes qui assistaient à mes leçons, ne me laissent aucun dout sur la persistance de l'impressionnabilité à la lumière, après que les hémisphères cé rébraux n'existent plus. Du reste, l'animal tantôt évitait les obstacles et tantôt alla se heurter contre eux : peut-être ce dernier fait s'explique-t-il en effet par la pert de la mémoire, comme le soupçonne Bouillaud. A l'autopsie, je constatai que l'a

(1) *Ouv. cit.*, 2e édit., p. 31 et suiv.
(2) *Précis élém. de physiol.*, t. I, p. 244. Paris, 1836.
(3) *Leç. sur les fonct. du syst. nerv.*, t. I, p. 288. Paris, 1839.
(4) *Journal de physiol. expér.*, t. X, p. 43. 1830.

blation des lobes cérébraux était bien entière. Chez les jeunes chats, les jeunes chiens et les lapins, l'iris continuait aussi de se mouvoir sous l'influence d'une lumière vive ; parfois même alors les paupières se rapprochaient.

Si l'on considère que l'ablation isolée, sur des animaux différents, soit du cerveau, soit du cervelet, soit des corps striés ou même des couches optiques, laisse persister la contractilité de l'iris, indice certain de la sensibilité à la lumière, et que toujours cette contractilité cesse par la soustraction des tubercules quadrijumeaux ou bijumeaux, on pourra être amené à conclure que ces organes représentent le centre perceptif des impressions visuelles. Mais il faudrait bien se garder d'exagérer les conséquences d'une pareille conclusion : car assurément, pour qu'il y ait *perception complète* des sensations lumineuses, c'est-à-dire avec conscience, et aussi pour que l'animal puisse prendre des déterminations en rapport avec ces sensations, l'intervention du cerveau proprement dit est indispensable.

J'ai relaté ailleurs (1) des faits pathologiques qui démontrent que, chez l'homme, la vue peut être *également* bonne des deux yeux, malgré l'atrophie considérable d'un hémisphère, ou malgré une perte énorme de sa substance à la suite de certaines lésions traumatiques du cerveau.

Quant au *sens de l'ouïe*, on sait déjà que, d'après Flourens (2), il est complétement perdu dès que les deux lobes cérébraux sont enlevés. Magendie (3) ne partage point cette opinion : « Enlevez, dit-il, les lobes du cerveau et ceux du cervelet sur un mammifère, cherchez ensuite à vous assurer s'il peut éprouver des sensations, et vous reconnaîtrez facilement qu'il est sensible aux odeurs fortes, aux saveurs, aux *sons* et aux impressions sapides. Il est donc bien positif que les sensations n'ont pas leur siége dans les lobes cérébraux et cérébelleux. »

Nous ne savons ni comment, ni sur quels mammifères, Magendie a pu s'assurer de l'intégrité de l'ouïe, après la soustraction des lobes cérébraux et cérébelleux. Quant à nous, nous avons toujours vu, à la suite de mutilations aussi graves, les jeunes chats, les jeunes chiens et les lapins tomber dans une telle prostration que les détonations les plus fortes n'ont jamais paru les émouvoir : leur impassibilité a été la même, après l'ablation des seuls hémisphères cérébraux. Nous avons donc eu recours à des oiseaux, qui ont pu être soumis à des épreuves nombreuses pendant les quelques jours qu'ils ont vécu sans leurs lobes cérébraux. Voici le résultat de nos observations :

Un pigeon, dépourvu de ces lobes, étant placé sur un support immobile et en dehors d'un écran formé d'une planche assez large et assez épaisse, nous profitions des instants où ses yeux étaient fermés (ce qui avait lieu le plus ordinairement), pour faire détoner une arme à feu : à chaque détonation, l'animal assoupi ouvrait les yeux, allongeait le cou, levait la tête, puis reprenait stupidement sa première attitude et fermait de nouveau ses paupières. Quand les animaux conservaient un reste de vivacité, les effets étaient toujours les mêmes, et souvent la détonation de simples capsules était suffisante pour les rendre manifestes. Ces expériences ont été reproduites, dans nos cours de vivisections, non pas une fois, mais plusieurs centaines de fois. Nous sommes donc porté à croire que, privés de leurs lobes cérébraux, les oiseaux peuvent encore percevoir, au moins confusément, des sensa-

(1) *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. I, p. 666 et suiv. Paris, 1842.
(2) *Ouv. cit.*, 2e édit., p. 36.
(3) *Précis élém. de physiol.*, t. I, p. 243. Paris, 1836.

tions auditives qui, d'ailleurs, ne déterminent de leur part aucune autre réaction que celles qui viennent d'être mentionnées. A côté de pigeons sans cerveau, nous avons été curieux de placer des pigeons intacts et d'autres dépourvus de cervelet; à chaque détonation de l'arme à feu, ceux-là se sont enfuis effrayés, ceux-ci se sont débattus en témoignant aussi une vive frayeur.

Si ces expériences tendent à prouver que l'ouïe persiste malgré la mutilation indiquée, elles démontrent que le concours des lobes cérébraux est indispensable pour que l'animal sache prendre des déterminations relatives à la nature des sensations auditives qu'il éprouve; elles établissent enfin que le cervelet n'est point nécessaire à l'audition (1).

Quand on enlève les lobes cérébraux, ordinairement on enlève aussi les nerfs olfactifs et, par conséquent, on détruit le *sens de l'odorat*. Il est vrai que Magendie (2), qui fait présider le trijumeau à l'olfaction, et qui confond les sensations tactiles des narines avec les sensations olfactives, prétend que les animaux, privés de lobes cérébraux, restent sensibles aux *odeurs fortes* (ammoniaque, acide acétique, etc.) : mais il est facile de voir que de telles expériences ne sauraient prouver que la persistance de la sensibilité générale de la pituitaire et non l'intégrité de l'odorat.

Flourens (3) a retranché, sur une poule, les deux lobes cérébraux en respectant les couches inférieures de ces lobes, auxquelles les racines des bulbes olfactifs adhèrent. « Cette poule, ainsi privée de ses lobes, a vécu, dit Flourens, plus de six mois; et, à quelque épreuve que je l'aie soumise durant tout ce temps, il n'a jamais paru dans toute sa conduite le moindre indice d'où l'on pût conclure qu'elle odorât. »

Nous n'avons, à ce sujet, aucune expérience qui nous soit personnelle.

Magendie (4) avance que la soustraction du cerveau et du cervelet, chez un mammifère, n'abolit point *le sens du goût* : il n'indique, d'ailleurs, aucun des corps sapides dont il a fait usage. Si des substances caustiques, comme l'ammoniaque par exemple, ont été employées, il est évident qu'on n'a pu démontrer ainsi que la persistance de la sensibilité générale de la muqueuse de la langue et non celle du goût.

Quoi qu'il en soit, Flourens (5), d'après ses expériences sur une poule, croit que le sens gustatif disparaît avec les lobes cérébraux, et il se fonde sur ce que « vingt fois, au lieu de grain, il a mis des cailloux dans le *fond* du bec de cette poule; qu'elle a avalé ces cailloux comme elle eût avalé du grain. » Mais ce dernier fait n'a rien de démonstratif à mes yeux, attendu que, dans l'état normal, la déglutition s'accomplit forcément chez l'animal, et chez l'homme lui-même, toutes les fois que le bol alimentaire ou un corps étranger quelconque a franchi une certaine limite dans le *fond* de la bouche : aussitôt survient, en effet, une contraction involontaire du pharynx qui entraîne le tout en dépit de la volonté. D'ailleurs, un

(1) Malgré ma précaution de placer les animaux sur un support immobile, je n'oserais affirmer que la légère secousse imprimée au corps, par chaque détonation, n'ait pu contribuer à les éveiller et à leur faire ouvrir les yeux.

(2) *Jour. de physiol. expér.*, t. IV, p. 170-171.

(3) *Ouv. cit.*, 2e édit., p. 95.

(4) *Précis élém. de physiol.*, t. I. p. 244. Paris, 1836.

(5) *Ouv. cit.*, 2e édit. p. 91.

grain de blé, d'avoine, etc., non broyé, et un petit caillou doivent-ils produire une sensation gustative bien différente, quand ils sont introduits de la sorte dans le fond du gosier d'un oiseau qui ne sait plus manger seul? La consistance de l'objet peut sans doute éclairer l'animal pourvu de son cerveau, mais quand il en est privé, est-il encore apte à la *juger*, à se souvenir?

J'ai enlevé les lobes cérébraux à de jeunes chats, à de jeunes chiens; puis, ayant versé de la décoction concentrée de coloquinte dans la gueule de ces animaux, je les ai vus exécuter des mouvements brusques de mastication, faire grimacer leurs lèvres, comme s'ils cherchaient à se débarrasser d'une sensation désagréable. Les mêmes mouvements s'observent, chez un autre animal sain de même espèce, aussitôt qu'on l'a forcé à avaler cette décoction amère.

En résumé, il me paraît possible d'isoler, par la voie expérimentale, le siége des perceptions sensoriales *brutes*, du siége de l'intelligence et de la volonté (1), et je ne crois pas pouvoir admettre que la perte absolue de la perception de toutes les sensations résulte nécessairement de la soustraction des lobes cérébraux : on découvrira peut-être un jour, dans les parties basilaires de l'encéphale, un nombre de foyers perceptifs égal à celui des instruments chargés de recueillir à la périphérie du corps les diverses impressions; mais assurément, dans l'état actuel de la science, il y aurait de la témérité à proposer telles ou telles localisations. Je n'en considère pas moins le cerveau *proprement dit*, comme l'organe de perfectionnement, l'organe d'élaboration essentielle, où les diverses sensations doivent arriver pour produire tout leur effet, pour être, en quelque sorte, appréciées à leur juste valeur; et je répéterai, avec Cuvier (2), qu'il est la partie de l'encéphale où toutes les sensations prennent une forme distincte, en y laissant des traces et des souvenirs durables; qu'il sert, par conséquent, de siége à la mémoire, faculté au moyen de laquelle il fournit à l'animal les matériaux de ses jugements et de ses déterminations. Sans ses lobes cérébraux, l'animal n'a donc, pour ainsi dire, rien à gagner à la survivance de la perception de ses sensations, et il doit le plus souvent se comporter, dans ses actes, comme si elle n'était point conservée : l'expérimentation peut seule provoquer quelques réactions propres à révéler cette survivance.

Nous rappellerons, en terminant, le sentiment de Bouillaud (3) sur la question qui nous occupe : « Je puis assurer, dit cet observateur, que j'ai enlevé un grand nombre de fois diverses portions des lobes cérébraux, sans altérer la vue et l'ouïe; bien que les animaux eussent perdu, par cette ablation, une ou plusieurs des facultés dites intellectuelles.. Quant à l'assertion que les sensations de la vue et de l'ouïe occupent le même point que toutes les autres facultés *intellectuelles* et *volitionnelles* (Flourens)... il résulte de ce que je viens de dire qu'elle est expérimentalement inexacte. »

Des lobes cérébraux considérés dans leurs rapports avec les mouvements volontaires.

Les lobes cérébraux sont loin d'exercer sur les mouvements volontaires une

(1) Je ne fais que *soupçonner* que les perceptions olfactives sont dans le même cas que les autres, n'ayant point à ce sujet d'expériences qui me soient propres.
(2) *Rapport sur les travaux de Flourens.*
(3) *Rec. cit.*, p. 46.

influence aussi immédiate dans toutes les espèces animales que dans la nôtre. Aussi, la lésion de ces mouvements, à la suite de lésions analogues des lobes cérébraux, est-elle loin d'offrir un degré égal d'importance dans les diverses classes d'animaux, et même chez les animaux d'une même classe mais d'un âge différent. Enlevez un lobe cérébral tout entier à un reptile, à un oiseau, c'est à peine si parfois vous pourrez constater une faiblesse passagère dans une moitié du corps; cette faiblesse sera déjà plus évidente chez un mammifère inférieur, un lapin par exemple; elle sera très grande, si l'opération a été pratiquée sur un chien; elle sera d'autant plus prononcée, chez cet animal, qu'il se rapprochera davantage de l'âge adulte, et d'autant moins marquée qu'il sera plus jeune. Au contraire, chez l'homme, une lésion infiniment moindre d'un hémisphère cérébral pourra être suivie d'hémiplégie, même complète.

Disons maintenant ce qui advient du côté des mouvements volontaires, dans les diverses classes d'animaux, quand les deux lobes cérébraux ont été soustraits à la fois. « Par cette ablation, dit Desmoulins (1), les reptiles et les poissons, *dont la spontanéité reste entière*, ne paraissent avoir rien perdu de l'usage de leurs mouvements; les carpes nagent aussi agilement qu'auparavant... Et parmi les oiseaux, les canards courent, sautent, nagent après la perte de leurs hémisphères. » Pour Flourens (2), cette mutilation, chez les reptiles et les oiseaux, abolit sans retour « tous les mouvements *spontanés*, c'est-à-dire dus à une volonté expresse, à la volonté même de l'animal. « Flourens (3) dit néanmoins, en parlant d'une poule qu'il a conservée vivante pendant dix mois entiers, qu'elle secoue sa tête, agite ses plumes, quelquefois même les aiguise et les nettoie avec le bec; que quelquefois elle change de patte, » etc. Comme l'ont fait observer Gall (4), Bouillaud (5), Gerdy (6), etc., il est difficile de comprendre quelle cause autre que l'intelligence, l'instinct, la sensation ou la volonté, pourrait déterminer de pareils mouvements. Aussi, d'après ses expériences, Bouillaud affirme-t-il qu'un animal dépourvu de ses lobes cérébraux conserve encore le pouvoir d'exécuter divers mouvements spontanés ou volontaires. S'appuyant sur ses recherches personnelles, Gerdy reconnaît que « l'ablation du cerveau plonge l'animal dans une sorte de somnolence, dans un état de *volonté paresseuse*, mais qu'elle ne détruit pas toute manifestation de perceptivité et de volonté. » Cet auteur regarde comme centres de perception et de mouvements volontaires, non seulement les lobes cérébraux, mais encore le mésocéphale.

Si, chez les oiseaux dépourvus depuis plusieurs jours de leurs lobes cérébraux, on voit en effet s'accomplir quelques mouvements qu'on est tenté de rapporter à une influence volontaire, il est difficile de répéter les mêmes observations chez les jeunes mammifères qui ne survivent au plus que deux ou trois heures à cette grave mutilation.

Il est vrai que j'en ai vu, auxquels je n'avais laissé que la moelle, le bulbe et la protubérance, se frotter le nez avec leurs pattes antérieures à la suite de l'inspiration de vapeurs ammoniacales; mais, ayant vu aussi des grenouilles entièrement décapitées diriger leurs pattes postérieures vers l'anus que je cautérisais avec l'acide

(1) *Anatom. des syst. nerv.*, 2e part., p. 626. Paris, 1825.
(2) *Ouv. cit.*, 2e édit., p. 33.
(3) *Ouv. cit.*, p. 89.
(4) *Sur les fonct. du cerveau*, etc., t. VI, p. 224. Paris, 1825.
(5) *Journ. de physiol. expérim.*, t. X, p. 45, 1830.
(6) *Bullet. de l'Acad. de médec.*, t. V, n° 17, p. 247 et 248.

azotique, il ne me semble guère permis d'admettre là autre chose qu'un *phénomène réflexe*, et d'en conclure que la volonté ait un autre siége que les lobes cérébraux.

Quoi qu'il en soit, on peut admettre que, dans l'état normal, l'incitation à laquelle succèdent les mouvements volontaires naît principalement, sinon exclusivement, dans les lobes cérébraux. Tant que ces parties sont intactes, les animaux n'ont qu'à vouloir pour changer de place, pour imprimer à leurs membres les mouvements les plus variés et les plus étendus. Si l'on examine le rapport mutuel de la volonté, comme cause, et du mouvement musculaire, comme effet, on découvre aisément que ce rapport n'est pas immédiat, mais qu'un acte, dont nous n'avons pas conscience, se passe entre l'un et l'autre phénomène. La volonté donne l'impulsion déterminante ; mais la contraction des muscles, qui est nécessaire pour produire le mouvement, s'exécute à l'insu d'elle, et doit son origine à un tout autre principe qui, comme l'a démontré Lorry (1), émane spécialement de la moelle allongée : aussi, l'irritation artificielle de celle-ci met-elle immédiatement en jeu la contractilité musculaire, tandis que celle des lobes cérébraux, où siége la volonté, n'est suivie d'aucun effet analogue.

Les lobes cérébraux étant composés de deux substances, on a cherché à déterminer si la lésion des mouvements volontaires, dans les maladies, dépendait d'altérations ayant leur siége spécial dans l'une ou dans l'autre de ces substances. Les recherches de Foville et Pinel-Grandchamp (2) les ont conduits à avancer que la substance blanche des hémisphères est affectée aux mouvements volontaires, à l'exclusion de la matière grise des circonvolutions : les lésions de celle-ci ne seraient donc point susceptibles de produire la paralysie.

Mais d'autres observateurs affirment que l'altération isolée de la substance corticale peut être suivie de l'abolition du mouvement. Selon Calmeil (3), dans la paralysie générale des aliénés, les principales altérations siègent dans la substance grise, à la superficie des circonvolutions et dans les enveloppes du cerveau. « Dans plusieurs autopsies d'individus atteints de démence et de paralysie générale, dit Bottex (4), nous avons presque constamment rencontré la substance corticale ramollie et adhérant aux méninges dans une étendue plus ou moins considérable, et nous n'avons que très rarement trouvé l'altération de la substance blanche » .... « Il n'est qu'une altération constante dans la paralysie générale, assure Parchappe (5), c'est le ramollissement de la couche corticale. » Puis cet auteur rapporte, à l'appui de son opinion, des exemples observés par lui-même, ou tirés des auteurs parmi lesquels il cite Haslam, Bayle, Calmeil, Bouchet et Cazauvieilh, Ferrus, Bertholini, Sc. Pinel, etc.

N'ayant pu apprécier par nous-même la valeur respective de ces assertions contradictoires, c'est-à-dire répéter un assez grand nombre d'observations, nous ne saurions, jusqu'à plus amples renseignements, adopter, d'une manière exclusive, l'une ou l'autre de ces manières de voir.

L'incitation volontaire, qui descend de l'hémisphère cérébral droit à travers la

(1) *Mémoires de l'Académie des sciences. Mém. des savants étrangers*, t. III, p. 373. 1760.

(2) *Rech. sur le siége spécial de différentes fonct. du syst. nerv.* Mars 1823, p. 3. — Art. Encéphale et aliénation mentale, par Foville, dans le *Dictionn. de médec. et chir. prat.*

(3) *De la paralysie considérée chez les aliénés*. Paris, 1826.

(4) *Du siége et de la nature des maladies mentales*. Paris, 1833.

(5) *Rech. sur l'encéphale*, 2ᵉ Mém., p. 172, 147. Paris, 1838.

moelle allongée, réveille l'action des muscles placés à gauche de la ligne médiane ; l'incitation qui provient de l'hémisphère gauche du cerveau active les muscles du côté droit du corps, du moins chez l'homme et les animaux supérieurs. Nulle autre vérité physiologique n'est mieux établie que celle-là, soit par les expériences sur des mammifères adultes, soit par les observations pathologiques recueillies sur l'homme. Cependant il existe dans la science quelques observations qui prouvent que la paralysie musculaire peut quelquefois frapper le côté du corps correspondant au siége de l'affection cérébrale. Nous avons déjà mentionné (p. 47) les variétés anatomiques qui peuvent servir à l'explication de ces faits rares et exceptionnels.

Maintenant, il faudrait savoir si chacun des mouvements volontaires ne serait pas influencé par des fractions déterminées des lobes cérébraux : après avoir reconnu qu'il n'est pas rare de rencontrer, chez l'homme, des lésions partielles des fonctions musculaires, par suite d'affections locales du cerveau proprement dit, il devenait naturel de rechercher à la lésion de quelle partie de cet organe correspondait la paralysie de telle région donnée du corps. Ces recherches, entreprises à diverses époques et poursuivies de nos jours, sont loin d'avoir donné, jusqu'à présent, des résultats satisfaisants. Déjà, ayant examiné la valeur de quelques unes des localisations proposées, nous avons cru devoir rejeter l'opinion de Saucerotte qui fait siéger le principe du mouvement des membres thoraciques dans les lobules postérieurs du cerveau, et celui du mouvement des membres pelviens dans les lobules antérieurs (p. 228) : nous avons cru aussi ne pas devoir partager l'avis d'après lequel les lobules moyens et les cornes d'Ammon seraient le siége spécial du principe des mouvements de la langue (p. 238).

Bouillaud (1) surtout a appliqué au cerveau, considéré comme agent de mouvement *coordonné*, le système de *pluralisation* que Gall avait proposé pour ce même organe en tant qu'instrument des phénomènes intellectuels et moraux. Selon Bouillaud (2), « il est évident que si cet organe n'était pas composé de plusieurs *centres moteurs ou conducteurs* du mouvement musculaire, il serait impossible de concevoir comment la lésion d'un de ses points entraînerait la paralysie d'une partie donnée du corps, sans porter aucune atteinte aux mouvements de toutes les autres parties. »

Bouillaud admet que, comme tous les organes chargés d'exécuter des mouvements volontaires, sous l'empire de l'intelligence, les organes des mouvements de la parole doivent avoir dans le cerveau un centre incitateur spécial : mais il ne s'est pas borné à admettre, dans ce viscère, l'existence d'une force particulière destinée à régir, à *coordonner* les merveilleux mouvements par lesquels l'homme, au moyen de la voix articulée, communique ses pensées, exprime ses sentiments, et peint, pour ainsi dire, les émotions de son âme ; il s'est de plus appliqué à découvrir dans quelle partie du cerveau réside une semblable force : or, d'après de nombreuses recherches, cet observateur pense que le principe nerveux dont il est question, et qu'il nomme *organe législateur de la parole*, réside dans les lobules antérieurs du cerveau. « Il faudra, dit Bouillaud (3), que dans les cas où les lobules antérieurs du cerveau seront altérés, la parole soit plus ou moins dérangée, et ré-

(1) Voy. le journal l'*Expérience*, 1839, n° 123, p. 289 et suiv. *Ibid.*, n° 124.
(2) *Traité de l'encéphalite*, p. 279. Paris, 1825.
(3) *Ibid.*, p. 159.

ciproquement; il faudra, de plus, que la parole subsiste lorsque l'affection occupera des points du cerveau autres que les lobules indiqués. » Or, les choses se passent-elles ainsi d'une manière constante ? Cruveilhier (1), Andral (2), Lallemand (3), etc., ont opposé des observations pathologiques à cette manière de voir. « Sur trente-sept cas, observés par nous ou par d'autres, dit Andral, cas relatifs à des hémorrhagies ou à d'autres lésions, dans lesquels l'altération résidait dans un des lobules antérieurs ou dans tous les deux, la parole a été abolie vingt-une fois, et conservée seize fois.

» D'un autre côté, nous avons rassemblé quatorze cas où il y avait abolition de la parole, sans aucune altération dans les lobules antérieurs. De ces quatorze cas, sept étaient relatifs à des maladies des lobules moyens, et sept autres à des maladies des lobules postérieurs.

» La perte de la parole, conclut Andral, n'est donc pas le résultat nécessaire de la lésion des lobules antérieurs, et, en outre, elle peut avoir lieu dans des cas où l'anatomie ne montre dans ces lobules aucune altération. »

Bouillaud nous a paru avoir réfuté victorieusement plusieurs des objections de ses adversaires, et avoir démontré que quelques unes d'entre elles s'appuyaient sur des faits mal interprétés (4). Toutefois, en nous fondant sur d'autres cas (5) dans lesquels la parole avait été conservée, malgré le broiement, la désorganisation des deux lobes antérieurs, malgré une perte de substance considérable aux dépens de ces deux lobes ou d'un seul; en tenant compte surtout de l'exemple d'une jeune idiote (6) chez laquelle il y avait absence complète des deux lobes antérieurs, et qui, pressée par la faim, prononçait néanmoins *quelques mots bien nettement articulés*, nous ne pouvons admettre que l'organe qui coordonne les mouvements de la prononciation siège spécialement dans les lobules antérieurs du cerveau.

En somme, et à supposer qu'on doive reconnaître, dans le cerveau, des régions distinctes pour correspondre aux divers mouvements volontaires, il n'est point démontré, du moins selon nous, qu'il y ait rien de positif dans les localisations proposées pour les principes actifs de ces mouvements. Notre conviction se fonde à la fois sur des expériences et sur des observations pathologiques.

Des lobes cérébraux considérés dans leurs rapports avec l'intelligence, les sentiments et les instincts.

Chez l'homme, les qualités morales les plus nobles, et les facultés de comparer des impressions, de former des jugements, d'associer des idées, d'exprimer des souvenirs, s'affaiblissent ou disparaissent avec les lésions graves de l'encéphale ; la simple compression de ce viscère produit un état d'hébétude qui cesse avec cette compression elle-même; le développement de l'intelligence et des aptitudes morales suit pas à pas, dans l'enfance, l'évolution et le perfectionnement de la masse encéphalique; un arrêt de développement, une mauvaise conformation de cette masse suffisent pour occasionner l'imbécillité ou l'idiotisme.... Mais à quoi

(1) *Biblioth. méd.*, n° de novembre 1825.
(2) *Clin. médic.*, t. V, p. 382, 2ᵉ édit.
(3) *Lettres sur l'enceph.* Passim.
(4) Dans le journal l'*Expérience*. 1839, n°s 123 et 124.
(5) Consultez, dans mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. I, les paragraphes intitulés : 1° *Blessures graves du cerveau* ; 2° *Appréciation de la doctrine des localisations au moyen de la pathologie.*
(6) *Anatom. path.*, par Cruveilhier. *Malad. du cerveau*, 8ᵉ livraison.

bon accumuler des preuves pour établir que l'encéphale tient sous sa dépendance les phénomènes intellectuels et affectifs, n'est-ce pas là une vérité généralement admise?

L'encéphale étant un organe à fonctions multiples, les dissentiments commencent quand il s'agit de choisir, dans l'ensemble, celles de ses parties qui président à l'exercice des facultés intellectuelles, morales et affectives. Les uns désignent les *lobes cérébraux*, à l'exclusion du cervelet; les autres sont bien loin de croire que le cervelet soit étranger à ces mêmes facultés : nous ne comptons point l'opinion de Descartes sur la glande pinéale, de Willis sur les corps striés, de Lapeyronie sur le corps calleux, ou d'autres auteurs sur les ventricules latéraux, etc.

Si tant de désaccord existe à propos d'une localisation encéphalique aussi large, que sera-ce donc relativement à toutes ces petites localisations particulières proposées pour un si grand nombre de prétendues facultés primitives?

Appliquons-nous d'abord à rechercher si, dans les lobes cérébraux, se trouve la condition matérielle des manifestations de l'intelligence, des sentiments et des instincts; plus tard, nous essaierons d'apprécier la doctrine qui assigne des siéges spéciaux aux diverses facultés de l'esprit, aux différentes qualités morales et instinctives.

I. L'anatomie comparée, en démontrant que l'encéphale devient de plus en plus considérable à mesure qu'on s'élève dans la série des vertébrés (1), depuis les poissons jusqu'à l'homme, nous apprend de plus que ce ne sont point toutes les parties de cet organe qui se développent en raison des facultés intellectuelles, mais que sa prépondérance, chez les animaux supérieurs, se rattache surtout à l'accroissement des lobes cérébraux ou du cerveau proprement dit : chez l'homme en particulier, l'accroissement relatif de ce dernier est tel que, sous ce point de vue, peu d'espèces animales approchent de la nôtre. « A mesure, dit Meckel (2), que les facultés intellectuelles se perfectionnent dans la série animale, et chez les divers individus d'une même espèce, on voit la masse cérébrale croître en haut, en avant et sur les côtés, les hémisphères s'agrandir proportionnellement aux parties inférieures de l'encéphale, et le cerveau proprement dit grossir comparativement au cervelet. »

Beaucoup d'anatomistes se sont occupés de déterminer le poids de l'*encéphale entier*, relativement à celui du corps, au lieu de déterminer le poids relatif des seuls lobes cérébraux. Or, si l'on veut admettre que ces parties de l'encéphale sont spécialement en rapport avec l'exercice de l'intelligence, c'est ce qu'il aurait fallu faire, ayant en vue d'arriver, par une semblable voie, à quelques données sur le développement intellectuel des animaux : car, comme nous le disions plus haut, l'encéphale, pris en masse, est un organe à fonctions multiples, en rapport avec les sensations, l'intelligence, les mouvements volontaires, et certaines fonctions organiques. Mais, même en ne prenant que les lobes cérébraux, il faudrait, pour rester dans les termes d'une comparaison rigoureuse, ne choisir de ces lobes que les parties exclusivement affectées aux fonctions intellectuelles, ce qui assurément est im-

(1) Leuret (*Anat. comp. du syst. nerv.*, t. I, p. 153, 234, 284, 420), en recueillant toutes les observations qu'il connaissait, et en y joignant les siennes propres, est arrivé au résultat suivant : chez les poissons, le rapport de l'encéphale au corps est :: 1 : 5668 ; chez les reptiles :: 1 : 1321 ; chez les oiseaux :: 1 : 212 ; chez les mammifères :: 1 : 186.

(2) *Manuel d'anat.* Trad. de Jourdan, t. I, p. 271. Paris, 1825.

praticable dans l'état actuel de la science. Dans les évaluations suivantes, d'ailleurs si variables selon les auteurs qui n'ont pas toujours tenu compte des différences d'âge et d'embonpoint, on ne s'étonnera donc pas de voir les résultats de pareilles pesées comparatives de l'encéphale n'être pas toujours à l'avantage de l'homme ou des animaux réputés les plus intelligents. Notre réflexion précédente s'applique même au rapport qu'on a cherché à établir entre le poids du cerveau et celui du cervelet ou de la moelle allongée.

D'après Cuvier (1), le poids de tout l'encéphale, chez l'*homme adulte*, étant au poids du corps :: 1 : 30 ou :: 1 : 35, il est chez le saïmiri :: 1 : 22; chez le saï :: 1 : 25; chez le ouistiti :: 1 : 28; chez le dauphin :: 1 : 36 (2), etc. ; puis, dans la classe des oiseaux et chez la mésange :: 1 : 12; chez le serin :: 1 : 14; chez le tarin :: 1 : 23; chez le moineau :: 1 : 25; chez le pinson :: 1 : 27; chez le rouge-gorge :: 1 : 32, etc.

Quoi qu'il en soit des résultats d'une méthode aussi incertaine d'appréciation, l'existence d'un rapport physiologique entre le volume de l'encéphale et l'intensité de la force intellectuelle a paru, sinon démontrée, du moins probable à quelques auteurs.

Lélut (3), ayant pesé comparativement un nombre égal de cerveaux provenant d'idiots et d'hommes plus ou moins intelligents, est arrivé aux conclusions suivantes : « 1° L'encéphale est, en général, plus pesant (*ce qui, en général, équivaut aussi à plus gros*) chez les hommes intelligents que chez les autres; 2° cette proportion plus grande de poids ou de volume est, en général, plus marquée dans les lobes cérébraux que dans le cervelet. » Mais Lélut ajoute que ces deux propositions admettent beaucoup d'exceptions.

On cite plusieurs hommes, remarquables par la puissance de leur intelligence, comme ayant eu des cerveaux énormes.

Baldinger (4) assure que le cerveau de Cromwell pesait six livres et un quart : ce poids réduit, en prenant la valeur la plus faible de la livre anglaise, équivaudrait à 2 k. 231. Sœmmerring (5) regarde cette évaluation comme exagérée : « *Cranium enim ejus*, dit-il, *quod Oxonii vidi, non est insignis magnitudinis.* » On lit, dans le *Journal de phrénologie* d'Édimbourg, que le cerveau de Byron pesait environ 2 k. 238. En rejetant, pour ces deux grands hommes, les évaluations précédentes comme exagérées, il est peut-être permis néanmoins de croire que leur encéphale dépassait les proportions ordinaires. Ce dernier fait est incontestable pour Cuvier et Dupuytren : le poids de l'encéphale du premier a été trouvé égal à 1 k. 829, celui du second à 1 k. 436.

Mais, assurément, c'est à peine si l'on peut considérer ces derniers exemples, d'ailleurs trop peu nombreux, comme des probabilités en faveur de l'opinion qui prétendrait mesurer, chez l'homme, la puissance intellectuelle d'après le volume et le poids de l'encéphale; car il s'agit, dans ces quatre cas, d'évaluations faites sur l'encéphale tout entier. Or, si l'on veut admettre, avec Gall, qu'une partie seulement

(1) *Leçons d'anat. comp.*, t. II, p. 149 et suiv. Paris, an VIII.

(2) Il est important de faire observer que le rapport dont il s'agit est plus grand dans le jeune âge qu'aux autres époques de la vie, ce qui explique comment on a pu assigner à ce rapport, pour l'encéphale du dauphin, des évaluations si différentes, 1/25, 1/36, 1/66, 1/102 (CUVIER, *ouv. cité*), évaluations qui correspondent à des poids du corps de 35, 200, 380 livres.

(3) *Du poids du cerveau dans ses rapports avec le développement de l'intelligence*, dans *Journ. des conn. méd.-chirurg.*, t. V, p. 211. Mai 1837.

(4) *Baldinger's Magazin*, t. IV, p. 570. Cit. de Sœmmerring.

(5) *De corporis humani fabrica*, t. IV, p. 38. Traj. ad Mœnum, 1798.

des hémisphères cérébraux est en rapport avec l'exercice de la pensée, et que ceux-ci se subdivisent en autant d'organes qu'il y a de facultés fondamentales, on arrive facilement à concevoir que le volume de la masse encéphalique entière ne peut être absolument en rapport avec l'intensité de l'intelligence, et ne peut être considéré comme une mesure certaine et rigoureuse de cette intensité.

Toutefois, en s'aidant de l'anatomie et de la physiologie comparées, si l'on tient compte de ces deux conditions, volume du cerveau et complexité de structure avec augmentation de superficie, il nous semble qu'on pourra, *en général*, établir un parallèle de quelque valeur entre la prééminence des facultés intellectuelles et la prépondérance des lobes cérébraux.

Desmoulins (1) a avancé que le nombre et la perfection des facultés intellectuelles dans la série des espèces, et dans les individus de la même espèce, sont en proportion de l'étendue des surfaces cérébrales; que l'étendue de ces surfaces est en raison du nombre et de la profondeur des circonvolutions.

Suivant Desmoulins, 1° le dauphin est l'animal qui a le plus de circonvolutions; 2° celles-ci, dans les chiens, et surtout dans les chiens de chasse, ne sont guère moins nombreuses ni moins profondes que dans les singes, et même dans l'homme; 3° les ouistitis, qui n'ont guère plus de circonvolutions que les écureuils, n'ont qu'une intelligence analogue à celle des écureuils, et fort inférieure à celle des autres singes; 4° les chiens, qui ont des sillons plus nombreux au cerveau que n'en ont les chats, l'emportent sur les chats en intelligence; 5° les sarigues, les édentés, les tatous, les paresseux, les rongeurs n'ont pas de plis à leur cerveau, ils sont moins intelligents que les chiens et les chats.

A la vérité, Leuret fait observer que Desmoulins a négligé de tenir compte de plusieurs faits contraires à son système. Ainsi, l'étendue de la surface cérébrale des ruminants, dont Desmoulins ne parle pas, celle du mouton en particulier, est, suivant Leuret, proportion gardée, supérieure à celle du chien, du chat, du renard, etc., qui l'emportent en intelligence sur le mouton.

Malgré l'importance de cette objection, quand on considère que les animaux inférieurs n'offrent jamais d'ondulations ou circonvolutions cérébrales, que les animaux supérieurs en sont toujours pourvus, et que, chez l'éléphant par exemple, de tous le plus intelligent, ces circonvolutions sont le plus nombreuses et se rapprochent le plus par leur arrangement de celles de l'homme, il devient bien difficile de ne pas admettre qu'en général la présence ou l'absence des circonvolutions cérébrales doive avoir, comme condition organique, une étroite liaison avec le développement de l'intelligence.

Dans l'espèce humaine, la profondeur des anfractuosités est infiniment variable chez les différents individus : c'est là un fait que nous avons vérifié sur bien des cerveaux, en choisissant toujours, pour établir nos mesures, des anfractuosités qui étaient constantes, et qui d'ailleurs se correspondaient. Il en résulte qu'à volume égal, deux cerveaux peuvent présenter des surfaces bien différentes en étendue : or, si l'on veut admettre, avec Desmoulins, qu'ici l'étendue des surfaces a de l'influence sur l'intensité de la force fonctionnelle, serait-il défendu de faire servir de pareilles différences anatomiques à l'explication des différences individuelles qu'offre le développement intellectuel? Quoi qu'il en soit, la crânioscopie

(1) *Anat. des syst. nerv. des animaux vertébrés*, 2e part., p. 606. Paris, 1825.
(2) *Anat. des syst. nerv.* 2e part., p. 606. Paris, 1825.

est inhabile à révéler les variétés de dispositions dont il s'agit ; elle signale quelquefois, et le plus souvent elle croit signaler, les saillies des circonvolutions, mais elle néglige forcément la profondeur des anfractuosités, c'est-à-dire, toujours en raisonnant d'après la doctrine de Desmoulins, une particularité organique pouvant avoir une grande influence sur l'intensité de la fonction.

Il faut encore qu'on sache que la couche corticale des lobes cérébraux nous a présenté, chez les divers individus, des différences notables d'épaisseur : ce fait peut avoir, au point de vue auquel nous nous plaçons, une grande importance physiologique, surtout si l'on veut accepter avec Willis (1), Vieussens (2), etc., que la substance corticale est la partie réellement active des hémisphères cérébraux, et, avec Foville (3), qu'elle doit être regardée comme le siége des facultés intellectuelles. Ainsi, sachons donc que deux cerveaux de volume égal peuvent offrir une quantité fort différente de substance corticale, soit parce que, l'épaisseur de cette substance étant pourtant la même dans les deux cerveaux, l'étendue de leur surface varie par suite de la profondeur différente des anfractuosités ; soit parce que, l'étendue des surfaces étant la même, la couche corticale a plus d'épaisseur dans un cerveau que dans l'autre : ajoutons que le degré de vascularité de la couche corticale est également très variable.

Il est peut-être permis de croire que toutes ces variétés d'organisation individuelle, qu'on ne saurait non plus apprécier à l'aide de la crânioscopie, ne sont pas sans influence sur la puissance et l'étendue de l'intelligence, quand on considère que les circonvolutions, d'ailleurs petites et atrophiées de beaucoup de cerveaux d'idiots, ne sont revêtues, relativement à l'état normal, que d'une quantité peu considérable de substance corticale partiellement décolorée ou atrophiée, ou quelquefois même détruite sur une assez grande surface (4).

Du reste, chez les idiots aussi, à part les hémisphères cérébraux, les autres parties de l'encéphale sont ordinairement bien conformées, autre preuve que c'est bien en effet dans ces hémisphères qu'il faut surtout chercher le siége des facultés supérieures de l'âme.

Les expériences peuvent également concourir à établir le rôle du cerveau proprement dit dans l'exercice de ces mêmes facultés.

Les animaux privés de leurs lobes cérébraux, dit Flourens (5), perdent toute perception, toute intelligence en général ; ils perdent encore jusqu'à ces instincts propres, inhérents à chaque espèce et si tenaces en chacune d'elles. D'un autre côté, comme nul de ces instincts, comme nulle des facultés intellectuelles et perceptives ne se perd par l'ablation du cervelet ou par celle des tubercules quadrijumeaux, il en résulte, ajoute cet auteur, que tous ces instincts, que toutes ces facultés appartiennent donc bien exclusivement aux lobes cérébraux.

Selon Bouillaud (6), « *il est douteux* que les lobes cérébraux soient le réceptacle

(1) *De anat. cerebri*, etc, cap. X, § 4, p. 76. Amsterdam, 1683, in-12.

(2) *Nevrogr. univ.*, cap. XVIII, p. 113. Lyon, 1685.

Nota. Willis et Vieussens considèrent la substance grise comme destinée à *produire* la force nerveuse et la substance blanche comme appelée à *transmettre* cette force aux cordons nerveux et de là aux divers organes de l'économie.

(3) Art. *Encéphale* et *Aliénation mentale* du *Dict. de méd. et de chir. prat.*

(4) Art. *Aliénation mentale*, par Foville, t. I, p. 353 du *Dict. cité*.

(5) *Ouv. cité*, p. 130.

(6) *Mém. cit.*

unique de tous les instincts, de toutes les volitions. » Cet observateur admet néanmoins qu'un oiseau dépourvu de ses lobes cérébraux (1) est profondément stupide, « qu'il ne connaît ni les objets, ni les lieux, ni les personnes, qu'il est complétement privé de mémoire en tout ce qui concerne cette connaissance, qu'il n'a plus l'instinct de se nourrir, de se défendre, etc., qu'en un mot on ne remarque plus chez lui aucune trace de combinaisons intellectuelles. »

Toutefois, on serait trop exclusif en affirmant que, chez les oiseaux par exemple, tous les instincts, tous les penchants se perdent par la soustraction des lobes cérébraux, puisque des poules, privées de ces organes, peuvent encore obéir à l'instinct du caquetage, placer, pour dormir, leur tête sous l'aile, reposer leur corps tantôt sur une patte, tantôt sur l'autre, faire des tentatives pour s'échapper lorsqu'on cherche à les retenir avec la main, marcher spontanément, nettoyer et aiguiser leurs plumes avec le bec, etc. (2). On n'est donc peut-être pas suffisamment autorisé à établir que le cervelet soit absolument passif pendant le travail que suppose l'activité des qualités instinctives, sinon pendant celui qui correspond à l'activité de certaines facultés intellectuelles.

Beaucoup de physiologistes ont prétendu que, si une différence de volume entre les deux hémisphères cérébraux existait chez un individu, il en résulterait pour lui une infériorité intellectuelle considérable, une imparité dans les sensations qui ne lui permettrait de juger de rien avec assurance : ils croyaient que, lors de l'exercice des facultés de l'esprit, les deux hémisphères devaient agir nécessairement ensemble, et que leur entier concours réclamait leur parité parfaite. Bichat lui-même avait cette dernière prévention. Mais il ne se doutait pas que son cerveau mal symétrique dût donner un démenti formel à sa doctrine : en effet, l'un de ses lobes cérébraux était notablement plus volumineux que l'autre ; de sorte que, si son opinion eût été vraie, Bichat aurait dû être tout autre qu'il ne fut, c'est-à-dire rien moins qu'un des plus grands anatomistes et des plus grands physiologistes des temps modernes.

Au contraire, il m'a été facile d'établir, par des exemples (3), qu'en l'absence presque complète d'un hémisphère cérébral, l'homme peut encore jouir normalement de ses facultés intellectuelles. Mais, en disant qu'un seul hémisphère cérébral sain peut suffire à l'exercice de l'intelligence, je n'entends pas avancer que toutes les fois que l'un d'eux sera parfaitement sain, du moins en apparence, les facultés de l'esprit seront nécessairement intactes ; car des faits nombreux prouvent qu'elles peuvent être troublées par diverses lésions siégeant d'ailleurs dans *une région quelconque* d'un seul hémisphère, tant peut être grande, quelquefois, la réaction d'un foyer maladif local sur l'ensemble de l'instrument de la pensée.

Cependant, si l'observation démontre que l'intelligence peut se conserver avec le même degré d'intensité, chez des personnes presque entièrement privées d'un hémisphère du cerveau, elle tend également à faire supposer que, chez elles, l'intelligence ne peut s'exercer d'une manière aussi continue qu'à l'état normal. Ferrus nous a rapporté que le général B..... ayant perdu, à la suite d'une blessure, une grande

(1) Les mammifères ne survivant que quelques instants à l'ablation des lobes cérébraux, et, au contraire, les oiseaux y survivant pendant des semaines et des mois entiers, on conçoit que les études dont il s'agit ont dû être faites sur des oiseaux.

(2) *Ouv. cit.* de Flourens, p. 89. Mémoire de Bouillaud, dans *Journal de physiol. expér.*, t. X, p. 44.

(3) Voir mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. I, p. 667 et suiv. Paris, 1842.

partie du pariétal gauche, présente une atrophie considérable de l'hémisphère correspondant, qui se traduit à l'extérieur par une dépression énorme du crâne. Ce général a conservé la même vivacité d'esprit, la même rectitude de jugement, mais il ne peut se livrer quelque temps aux travaux intellectuels sans en éprouver bientôt de la fatigue. Nous avons connu un ancien militaire qui était absolument dans le même cas.

On n'est pas autorisé à induire des faits qui précèdent, que les deux hémisphères cérébraux, à l'état normal, fonctionnent et se reposent alternativement, comme le veulent quelques physiologistes. De semblables faits paraissent prouver seulement que l'hémisphère sain, pour produire le même résultat intellectuel que les deux réunis, doit déployer une somme d'activité plus grande, d'où nécessairement une fatigue plus prompte. Mais, en réalité, on ignore si ordinairement l'action des deux hémisphères cérébraux est simultanée ou alternative, pendant que l'homme s'abandonne aux inspirations de son génie ou qu'il subit l'influence de ses passions.

II. Gall et ses partisans, pour qui les facultés supérieures de l'âme siégent dans les lobes cérébraux antérieurs, ont avancé que l'intelligence l'emporte d'autant plus sur les sentiments et les instincts, que les régions antérieures du cerveau et du crâne sont plus développées relativement aux autres régions de ces organes. De plus, ils ont admis qu'il existe, dans les hémisphères cérébraux, des siéges spéciaux et circonscrits pour les diverses facultés intellectuelles, pour les différentes qualités morales et instinctives. Nous reconnaissons volontiers que cette doctrine ne présente point d'impossibilité en elle-même, mais il n'est *prouvé* ni qu'elle soit vraie, en la considérant sous un point de vue purement général, ni surtout que les applications spéciales qu'on en a faites soient exactes.

A. En démontrant que la perte absolue ou la perversion des facultés intellectuelles et morales peut résulter d'altérations développées en *un point quelconque* du pourtour ou de l'épaisseur des hémisphères cérébraux, les observations pathologiques, comme nous l'avons établi dans un autre ouvrage (1), tendent à infirmer la doctrine précédente. Il est vrai que ses partisans répondent que, si l'intelligence est abolie ou troublée par une lésion limitée aux lobes postérieurs ou moyens du cerveau, c'est seulement en vertu d'une réaction sympathique sur les lobes antérieurs. Mais n'est-on pas en droit de leur rétorquer le même argument, et de soutenir que si le trouble de la raison accompagne la lésion des lobes antérieurs, c'est seulement aussi en vertu d'une réaction sur les lobes postérieurs ou moyens, puisque, je le répète, l'observation directe démontre qu'une altération morbide, indifféremment limitée à tel ou tel lobule cérébral, peut pervertir également les facultés de l'esprit?

C.-G. Neumann (2) n'a-t-il pas été conduit à penser, d'après l'examen du cerveau de cinquante aliénés, que l'intelligence résidait dans la portion occipitale des lobes cérébraux; opinion qui trouverait, suivant Cruveilhier (3), quelque appui dans ce fait anatomique qu'il a bien souvent constaté, savoir : que l'atrophie du cerveau des vieillards en démence porte sur les circonvolutions occipitales beaucoup plus encore que sur les circonvolutions frontales? Mais, s'il nous plaisait, à notre

(1) *Anat. et physiol. du syst. nerv. — Faits pathol.*, t. I, p. 670 à 691. Paris. 1842.
(2) *Die Krankheiten des Vorstellungsvermogens systematisch bearbeitet*. Leipzig, 1822.
(3) *Anat. descript.*, t. IV, p. 346. 2e édit. Paris, 1845.

tour, d'attribuer aux lobes moyens le même rôle assigné par Neumann aux lobes postérieurs, et par d'autres aux lobes antérieurs, assurément les observations ne nous feraient pas défaut ; preuve qu'en s'appuyant sur les faits pathologiques, il n'est point une partie des hémisphères cérébraux dans laquelle on ne serait tenté de faire résider l'intelligence, et que, par conséquent, la pathologie ne saurait autoriser à localiser les facultés intellectuelles, en général, plutôt dans telle région cérébrale que dans telle autre. Dès lors, est-il besoin d'ajouter qu'elle est loin d'avoir fourni des preuves en faveur des siéges spéciaux qu'on a prétendu assigner à ces diverses facultés ?

B. Dans la question qui nous occupe, je suis bien loin d'accorder aux résultats des expériences faites sur les animaux vivants l'importance que semblent leur donner certains physiologistes, et de leur reconnaître la même valeur qu'aux faits empruntés à la pathologie et surtout à l'anatomie comparée.

« On peut retrancher, dit Flourens (1), soit par-devant, soit par derrière, soit par en haut, soit par côté, une portion assez étendue des lobes cérébraux, sans que leurs fonctions soient perdues. Une portion assez restreinte de ces lobes suffit donc à l'exercice de leurs fonctions... » Mais, la déperdition de substance devenant plus considérable, « dès qu'une perception est perdue, toutes le sont ; dès qu'une faculté disparaît, toutes disparaissent. *Il n'y a donc point de siéges divers ni pour les diverses facultés, ni pour les diverses perceptions.* La faculté de percevoir, de juger, de vouloir une chose, réside dans le même lieu que celle d'en percevoir, d'en juger, d'en vouloir une autre ; et conséquemment cette faculté, essentiellement une, réside essentiellement dans un seul organe. »

Puisque les observations de pathologie mentale démontrent que l'homme peut perdre tantôt une faculté, tantôt une autre, toutes les autres demeurant intactes, il est difficile d'admettre que de semblables conclusions soient applicables à l'espèce humaine. Toutefois, reconnaissons que souvent, chez l'homme, les diverses portions des lobes cérébraux se montrent tellement solidaires, dans l'accomplissement des actes intellectuels et moraux, que l'isolement dont nous venons de parler est bien loin de s'observer d'une manière constante : aussi, une pareille solidarité, si elle ne doit pas faire renoncer absolument à la recherche des fonctions des diverses parties des hémisphères cérébraux, environne-t-elle le problème des plus grandes difficultés. Assurément, elle n'exclut pas l'existence possible, dans les lobes cérébraux, de divers instruments en rapport avec les différents phénomènes psychiques ; mais, si l'on veut admettre la pluralité de ces instruments, quand et comment seront donc fournies les preuves péremptoires qui autoriseraient à indiquer les régions limitées du cerveau ou du cervelet où se passeraient les modifications relatives à telle ou telle série d'idées, de qualités morales ou instinctives ? Il est vrai qu'aux yeux de quelques personnes cette sorte de topographie physiologique est déjà toute tracée ; mais aussi quelle foi docile ne faut-il pas avoir pour la reconnaître ?

Les expériences de Bouillaud (2) ne s'accordent point avec celles de Flourens. Ayant détruit ou profondément lésé, sur des poules, des pigeons, des chiens et des lapins, seulement la partie antérieure des deux hémisphères cérébraux, Bouillaud

(1) *Rech. expérim. sur les propr. et les fonct. du syst. nerv.*, 2e édit., 1842, p. 98 et suiv.

(2) *Rech. expérim. sur les fonctions du cerveau et sur celles de sa portion antérieure en particulier*, dans *Journ. de physiol. expérim.*, t. X, p. 91, 1830.

a vu ces animaux présenter des signes irrécusables d'un idiotisme profond. Après une pareille lésion, dit cet observateur, ils sentent, voient, entendent, odorent, s'effraient facilement, s'impatientent quand on les contrarie, paraissent étonnés de leur situation, exécutent une foule de mouvements *spontanés*, instinctifs, crient, marchent, cherchent à éloigner machinalement les objets qui les irritent; mais ils ne reconnaissent plus les êtres divers qui les environnent, ne mangent plus d'eux-mêmes et ne font aucune action qui annonce des combinaisons d'idées, des raisonnements : les animaux les plus dociles, les plus intelligents, les chiens, par exemple, ne sont plus caressants, ne comprennent plus le langage qu'ils comprenaient auparavant, deviennent indifférents aux menaces et aux caresses, et ne profitent d'aucune correction. Ils ont perdu, sans retour, toute éducabilité, la mémoire des lieux, des choses, des personnes. Ils voient les objets extérieurs, mais ils ignorent les rapports qui existent entre eux et leur propre conservation, mais ils n'en connaissent ni les qualités utiles, ni les qualités nuisibles. Ainsi, selon Bouillaud, l'animal, dont on a lésé profondément la partie antérieure des hémisphères cérébraux, « quoique privé de l'exercice d'un nombre plus ou moins considérable d'actes intellectuels, continue à jouir de ses facultés sensitives; » preuve, ajoute cet auteur, que la sensation et l'intellection ne sont pas une seule et même chose, une seule et même fonction, et qu'elles ont des siéges distincts. »

Mais Bouillaud n'a point publié, que je sache, comme contre-épreuves, les résultats provenant d'une désorganisation de la partie postérieure des hémisphères cérébraux. Or, on est autorisé à croire, en se fondant sur des faits pathologiques nombreux, que la lésion de cette partie peut aussi déterminer, au moins chez l'homme, un trouble marqué des fonctions intellectuelles.

Chez des chiens et des lapins, nous avons également produit des désorganisations partielles sur bien des régions différentes des deux lobes cérébraux, et spécialement sur leurs régions antérieures. Mais, ou bien nous n'observions rien de particulier, parce que la lésion était trop légère; ou bien, celle-ci étant plus profonde, il survenait des phénomènes complexes dus à l'épanchement de sang dans les parties voisines, et alors les animaux succombaient trop tôt pour que nous eussions pu tirer de ces expériences des inductions rigoureuses. Survivaient-ils quelques jours, il nous devenait impossible de déterminer, par une série d'épreuves suffisantes, le genre et le degré de lésion intellectuelle; confessons-le, il nous aurait fallu plus de perspicacité pour démêler, à travers les expressions de la souffrance, celles des différentes facultés, des divers instincts ou penchants. D'ailleurs, Bouillaud lui-même (1) n'avoue-t-il pas « qu'en exposant les résultats de ses propres recherches, il est bien loin de se faire illusion sur leur peu de valeur, mais qu'il a pensé que, tels qu'ils sont, ils pourraient donner l'éveil à des expérimentateurs plus habiles, et provoquer des travaux plus sérieux. »

Jusqu'à présent, la physiologie expérimentale est donc loin d'avoir fourni des arguments sérieux en faveur de la localisation des instruments de l'intelligence dans les lobes antérieurs du cerveau.

C. Quant à l'anatomie comparée, souvent elle ne se montre guère favorable à une pareille localisation, et vient infirmer des localisations plus spéciales admises par les phrénologistes.

(1) *Rec. cité*, p. 66.

D'après la remarque judicieuse de Leuret (1), l'école de Gall a commis une singulière méprise : ayant vu que le front des animaux fuit en arrière, au point de s'abaisser presque au niveau des os propres du nez, on a conclu de cet abaissement à la diminution proportionnelle de la partie antérieure du cerveau, sans considérer que, chez les animaux, la cavité crânienne n'est pas au-dessus mais en arrière des orbites, ce qui place le cerveau en arrière de la face et non au-dessus d'elle. Pour déterminer le *volume relatif* de la partie antérieure du cerveau, chez les animaux, il faut donc, suivant Leuret, non pas considérer la saillie du cerveau au-dessus des os de la face, mais comparer les cerveaux entre eux, les circonvolutions entre elles, et choisir, dans le cerveau lui-même, un point fixe qui serve de départ pour diviser chaque lobe, en partie antérieure et en partie postérieure. Or, cet observateur a choisi le corps calleux : tout ce qui est en avant de ce corps, il l'appelle partie antérieure ; tout ce qui est en arrière de lui, il le nomme partie postérieure. On trouve, dans son estimable ouvrage, un tableau détaillé dans lequel des mammifères sont rangés d'après la longueur relative de la partie antérieure du cerveau. Le développement de cette partie antérieure, comme le volume des circonvolutions qui s'y rencontrent chez le mouton, le cheval, le bœuf, etc., est très considérable, si on le compare au développement de la partie correspondante chez des animaux beaucoup plus intelligents, tels que le chien, le renard, l'éléphant, et surtout les singes. En effet, en examinant la coupe du cerveau des uns et des autres, on trouve qu'au-dessus et en avant du corps calleux la masse cérébrale s'arrondit et s'élève chez les premiers, tandis que la disposition contraire a lieu chez les derniers.

Leuret a également rangé les animaux, portés dans son premier tableau, d'après le développement des lobes cérébraux en arrière du corps calleux. On y voit, par exemple, que le mouton, la chèvre, le cavia-paca, l'âne ont comparativement ces lobes moins développés en arrière que le chien et le renard, ceux-ci moins que le chat et le lion, au-dessus desquels se trouvent l'ours et la loutre. L'éléphant et tous les singes l'emportent, sous le rapport dont il est ici question, sur les animaux précédents, et en tête de tous se trouve le marsouin. L'homme sous ce point de vue l'emporte sur tous les autres mammifères.

Si le lapin, le kanguroo, le chameau ne se trouvaient pas compris dans la première colonne, on serait porté à croire que le développement de la masse cérébrale postérieure est d'autant plus considérable que les animaux sont plus élevés dans l'ordre intellectuel. Nouvelle preuve de la nécessité de multiplier les observations avant de tirer des conclusions de celles qu'on a faites. Tiedemann (2), Spix (3) et Neumann (4) avaient déjà signalé l'opposition de développement entre les parties antérieure et postérieure des lobes cérébraux : ces deux derniers auteurs y avaient même trouvé la base d'un système en vertu duquel l'intelligence aurait son siége dans les lobules postérieurs ou occipitaux.

Ce ne seraient donc point, relativement aux hémisphères cérébraux de l'homme

(1) *Anat. comp. du syst. nerv. considéré dans ses rapports avec l'intelligence*, t. I, p. 4[illegible] et suiv. Paris, 1839.

(2) *Icones cerebri simiarum*, etc., Heidelberg, 1821.

(3) *Cephalogenesis, sive capitis ossei structura, formatio et significatio per omnes animalium classes, familias, genera ac ætates digesta atque tabulis illustrata, legesque simul psychologicæ et physiognomicæ inde derivatæ*. Munich, 1815, in-fol., 18 pl. — Spix fait résid[er] spécialement l'*imagination* dans les lobules postérieurs.

(4) *Die Krankheiten des Vorstellungsvermögens systematisch bearbeitet*. Leipzig, 1822.

les parties antérieures du cerveau qui tendraient à s'amoindrir chez les mammifères, mais plutôt ses parties postérieures. Puis, en raisonnant d'après les principes de Gall, il y aurait, comme on vient de le voir, beaucoup plus d'organes intellectuels chez le mouton que chez le chien, le premier ayant la partie frontale des lobes cérébraux relativement beaucoup plus large et plus ondulée que le second. Guidé par cette observation, Leuret (1) tenta, auprès de plusieurs personnes qui cultivaient la phrénologie *avec distinction*, depuis un grand nombre d'années, une expérience dont il rend compte dans les termes suivants : « Il m'est arrivé plusieurs fois, en montrant ma collection de cerveaux à des phrénologistes, de leur présenter en même temps un cerveau de chien de berger et un cerveau de mouton, en leur disant : « Des deux animaux porteurs des cerveaux que vous voyez, l'un conduit l'autre ; montrez-moi le conducteur. » Tous, sans hésiter, ont désigné le cerveau du mouton. Et ils étaient conséquents en agissant ainsi ; car le cerveau du mouton est, à sa partie antérieure, bien plus élargi, bien mieux développé que ne l'est celui du chien. »

Dans un travail fort remarquable, Lafargue (2) s'est attaché à établir : 1° que la forme du crâne et du cerveau est nécessairement en rapport avec l'attitude de l'animal, avec la largeur de la mâchoire inférieure ; 2° que cette même forme et les habitudes morales ont une relation si peu nécessaire, que deux animaux de mœurs identiques diffèrent par le crâne s'ils diffèrent d'attitude, et réciproquement, que deux animaux de caractère opposé se ressemblent par le crâne, si leur attitude est semblable ainsi que la largeur de leur mâchoire.

Les carnassiers ont les tempes développées ; ils sont astucieux, sanguinaires, voleurs ; les ruminants ont les tempes étroites ; ils sont timides, inoffensifs : donc, dit-on, les penchants qui caractérisent le moral des carnassiers siégent vers la région sus-zygomatique. Lafargue fait observer que celle-ci doit s'accommoder à la forme de la mâchoire inférieure, large chez les premiers, étroite chez les seconds. Mais on n'a pas triomphé d'un système pour avoir donné une interprétation différente aux faits qui lui servent de base. Aussi cette réflexion isolée infirme-t-elle à peine les conclusions de Gall : elle ne pourra les réfuter d'une manière directe que s'il est possible de trouver des animaux doux et paisibles, dont les tempes s'élargissent par cela seul qu'ils possèdent une large mâchoire. Or, selon la remarque de Lafargue, tel est le castor, dont les instincts industriels exigent et supposent une mâchoire large et forte, des muscles temporaux énergiques, et dont le crâne est, pour cette raison, conformé comme celui des carnassiers (3).

Au contraire, chez certains carnassiers éminemment féroces, la tête représente un cône allongé, sensiblement rétréci au-dessus des apophyses zygomatiques, large et renflé vers la partie postérieure des pariétaux : tels sont le furet, l'hermine, la belette. Quelle est la cause d'une disposition aussi réfractaire aux lois phrénologiques ? se demande Lafargue : la forme du crâne des furets, des belettes, des taupes, etc., s'explique, suivant lui, par le mode de station de ces animaux, dont les membres sont très courts, et qui marchent presque en rampant. Si, avec une

(1) *Ouv. cit.*, p. 555.

(2) *Appréciation de la doctrine phrénologique ou des localisations des facultés intellectuelles et morales, au moyen de l'anatomie comparée.* Dans *Arch. gén. de méd.*, t. I, 1838, p. 265, 416 ; t. II, juin 1838, p. 129. — Et *Thèse inaug.* Paris, 14 mai 1838, n° 115.

(3) Buffon ne dit pas que le castor soit sanguinaire ; mais il affirme que ce rongeur coupe et scie, en quelque sorte, avec ses dents incisives, les branches d'arbre les plus volumineuses : ce qui suppose une grande énergie de mastication.

pareille attitude, ils avaient eu le crâne court et globuleux, et si la plus grande masse de leur cerveau eût été concentrée vers les apophyses zygomatiques, les sens et l'extrémité du museau se seraient nécessairement dirigés vers le sol. Il fallait donc, pour les raisons mécaniques les plus simples, que le plus grand volume des hémisphères occupât la région pariétale postérieure, et que les régions sus-zygomatiques fussent déprimées. Tous les animaux, dont le port est analogue à celui des belettes, ont le crâne pareillement conformé, quelles que soient leurs mœurs.

L'attitude humaine comporte la plus petite face et le plus grand cerveau possible; aussi voyons-nous, comme le fait remarquer Lafargue, entre la forme du crâne et celle du bassin, une corrélation telle que la perfection et la solidité de la station bipède se trouvent, dans chaque race, en raison directe de la capacité crânienne, en raison inverse des mâchoires. Il suffit de comparer le Cafre à l'Européen pour se convaincre de cette vérité. On voit aussi, par le rapprochement des races humaines, le crâne se déjeter en arrière, à mesure que les mâchoires s'accroissent. Le nègre a le front fuyant, l'ensemble du crâne étroit et allongé, l'Européen se trouve dans des conditions opposées, tandis que les Malais, Mongols, Américains tiennent le milieu entre les deux extrêmes.

Ainsi, ajoute cet auteur, voyons-nous s'appliquer à l'espèce humaine cette loi du règne animal, en vertu de laquelle le crâne et le cerveau sont répartis de manière à balancer le poids de la face. La forme du crâne exprime donc le rapport du volume des mâchoires et du cerveau : elle peut indiquer aussi l'énergie relative des instincts et des hautes facultés. Mais, si l'on se place au point de vue des localisations, et que l'on cherche la prédominance des tempes chez les nations de pillards ou d'anthropophages, la prédominance du front chez les peuples intelligents, on est trompé dans son attente; car, chez l'Européen, le Hottentot, l'Indien du nord, le rapport des tempes au front est absolument le même. Ces races ne diffèrent entre elles que par la proportion de la face au cerveau, proportion qui, tout en déterminant la forme du crâne, explique la prépondérance des instincts chez les unes, de l'intelligence chez les autres.

Les liaisons nécessaires des formes de crâne avec certaines conditions mécaniques, soit partielles, soit générales, étant établies, on pouvait prévenir les conséquences antiphrénologiques qui en dérivent par l'objection suivante :

L'attitude des animaux est à leur moral comme le geste est à la pensée; le mode de mastication est subordonné aux penchants nutritifs, soit carnassiers, soit herbivores, comme l'instrument l'est à la volonté. De même les formes du cerveau, qui déterminent les penchants, subordonnent à leurs inflexibles nécessités et l'attitude générale et la puissance de la mâchoire inférieure.

A cette objection, Lafargue répond en ces termes : « Certaines formes de crâne et de cerveau coïncident toujours et nécessairement avec certains modes de station et de mastication; mais, si l'on assigne à la première de ces circonstances le rôle de fait primordial, en réduisant l'autre au rôle de fait secondaire, je dirai que toutes les deux, également nécessaires l'une à l'autre, concourent au même titre à l'harmonie de l'ensemble. »

Quoique nous ayons présenté, d'après Lafargue lui-même (1), cette courte analyse de son mémoire, il est certain qu'elle ne peut donner qu'une idée fort imparfaite du

(1) *Thèse citée.*

long et consciencieux travail de cet auteur : nous engageons donc le lecteur à en prendre une connaissance plus complète (1).

Voici maintenant quelques résultats généraux auxquels les faits ont conduit Lélut (2), relativement à l'organe que Gall appelait *organe du meurtre* ou de la destruction carnassière, et qu'il faisait résider dans les circonvolutions latérales, moyennes et inférieures du cerveau. Gall avait avancé que le plus grand développement de cet organe, dans les oiseaux et les mammifères carnassiers, donne au cerveau et au crâne de ces animaux une largeur proportionnelle plus grande que celle du cerveau et du crâne des oiseaux et des mammifères frugivores.

Des faits empruntés à l'ouvrage des frères Wenzel (3), à celui de Tiedemann (4) et au livre de Serres (5), de ceux qui lui sont propres, et des moyennes qu'il a déduites des uns et des autres, Lélut a établi, contrairement à l'assertion émise par Gall, les propositions qui suivent : 1° Les oiseaux frugivores et les oiseaux carnassiers-insectivores ont, comparativement les uns aux autres, le cerveau et le crâne d'égale largeur, proportionnellement à leur longueur. 2° Les oiseaux de proie, ou oiseaux rapaces, ont le cerveau, et surtout le crâne plus large que celui des oiseaux des deux classes précédentes : mais cela tient indubitablement à ce que, chez ces animaux, le développement en largeur des hémisphères cérébraux a suivi l'élargissement crânien, qui lui-même est déterminé, chez ces oiseaux, par le développement considérable de l'oreille interne et de ses cavités annexes, et par celui de leur globe oculaire. 3° Les faits de comparaison isolée entre le cerveau et le crâne de tel oiseau frugivore et ceux de tel oiseau carnassier, donnent, bien entendu, le même résultat que les rapports déduits des moyennes, sur la proportion de la largeur à la longueur des hémisphères cérébraux et du crâne ; c'est-à-dire qu'ils montrent que tel ou tel oiseau frugivore a une plus grande largeur cérébrale ou crânienne proportionnelle, que tel ou tel oiseau insectivore, et même que tel ou tel oiseau rapace. 4° Les mammifères carnassiers n'ont pas le cerveau et le crâne plus larges, proportionnellement à leur longueur, que ceux des mammifères frugivores. D'après les faits pris des auteurs cités, comme d'après ceux recueillis par Lélut, c'est le contraire qui paraît avoir lieu. 5° Les comparaisons isolées du cerveau et du crâne de tel mammifère carnassier au cerveau et au crâne de tel mammifère frugivore, donnent, dans le plus grand nombre des cas, le même résultat ; absolument comme cela avait eu lieu pour les oiseaux.

Du tableau comparatif dressé par Leuret (6) sur le rapport existant, chez les mammifères, entre le diamètre antéro-postérieur et le diamètre transverse des lobes cérébraux, il résulterait, d'après les principes de Gall, que le marsouin ayant le cerveau plus large que tous les autres mammifères, et avec lui l'éléphant et le porc-épic, il faudrait admettre que le porc-épic, l'éléphant et le marsouin sont en première ligne, dans cette classe, pour le courage, la ruse et l'instinct carnassier ; qu'après eux viendraient la chauve-souris, la taupe, la marmotte, et bien loin après, le lion, le chien, le sanglier, le renard, etc. ; conséquence en désaccord évident avec

(1) *Loc. cit.*
(2) *De l'organe phrénologique de la destruction chez les animaux*. Paris, 1838, in-8.
(3) *De penitiori structurâ cerebri*, in-fol. Tubingue, 1812.
(4) *Icones cerebri simiarum*, etc. Heidelberg, 1821.
(5) *Ouv. cité*, t. II, p. 439 et 551.
(6) *Ouv. cit.*, p. 435.

ce que l'observation enseigne sur les aptitudes instinctives de ces divers animaux.

Le seul moyen de savoir s'il y a ou s'il n'y a pas une physiologie psychologique telle que l'entendait Gall, consisterait à rechercher toutes les espèces de rapports du cerveau à l'intellect, qui devraient la constituer : mais, d'une pareille étude, il ne paraît guère pouvoir résulter, à en juger par ce qui est déjà accompli, que des désavantages pour le système phrénologique dont les détails ne sauraient être abordés dans un ouvrage de cette nature.

Cervelet.

La multiplicité des opinions, sur un point quelconque de la science, dénote trop souvent notre ignorance : depuis Willis, plaçant dans le *cervelet* l'origine de la vie organique et des mouvements involontaires, jusqu'à nos jours, où, à l'aide d'expériences et d'observations pathologiques, on a cherché à déterminer plus rigoureusement ses usages, cette portion importante de la masse encéphalique a été investie des attributions les plus diverses. Les uns ont regardé le cervelet comme le siége de la sensibilité ; les autres ont vu, dans cet organe, tantôt la *source* de tous les mouvements volontaires, tantôt le *régulateur* de ces mouvements ou de ceux des membres pelviens en particulier, tantôt l'excitateur des fonctions génératrices, tantôt le siége d'un principe moteur qui porterait les animaux à marcher en avant, etc. En faveur de chacune de ces manières de voir, les physiologistes ont cité des expériences faites avec plus ou moins d'habileté sur les animaux vivants, et des observations pathologiques recueillies sur l'homme ; expériences et observations qui, à les prendre séparément, paraissent décisives pour telle ou telle opinion ; qui, comparées entre elles, sont le plus souvent contradictoires et vous laissent dans le plus grand embarras. Joignez à cela un cas d'absence congénitale du cervelet (1), observé dans l'espèce humaine, avec intégrité de la sensibilité, persistance des mouvements tant volontaires qu'involontaires et de toutes les fonctions organiques ; avec habitude de la masturbation ; sans tendance au recul, etc., et votre embarras redoublera encore, car ce fait vous fournira beaucoup d'arguments subversifs des différentes hypothèses proposées, et pas une seule raison pour édifier une opinion positive et nouvelle.

Avant de discuter la valeur des diverses assertions émises sur les fonctions spéciales du cervelet, et de choisir celle qui paraît réunir en sa faveur le plus de preuves, sinon pathologiques, du moins expérimentales, nous devons rappeler que nous avons déjà établi (p. 28 et 32) l'insensibilité absolue du cervelet aux stimulants ordinaires, et son inaptitude à susciter des secousses convulsives, lorsque, sur l'animal vivant, on excite artificiellement son tissu. Maintenant signalons tout d'abord l'influence croisée du cervelet sur les mouvements des membres, et l'état de l'intelligence dans les maladies de cet organe.

Chez l'homme, les lésions du cervelet peuvent paralyser le côté droit du corps quand elles siégent dans l'hémisphère gauche, et produire l'hémiplégie à gauche quand elles occupent l'hémisphère cérébelleux droit, comme le démontrent de nombreuses observations. Toutefois, de même qu'on l'a vu pour les lobes cérébraux, des altérations considérables peuvent siéger dans le cervelet, et, exception-

(1) Observation recueillie par Combette et publiée dans la *Revue médicale*, t. II, p. 57, 1831. — Voyez aussi pl. V, XVe livraison de l'*Anat. pathol.* de Cruveilhier.

nellement, ne donner lieu à aucun phénomène de paralysie. Exceptionnellement aussi, cette dernière peut être *directe* : Plancus (1) et Rostan (2) ont observé chacun un cas de cette nature à la suite d'un abcès et d'un ramollissement local du cervelet. Mais la paralysie non croisée est pour le moins aussi rare dans les affections de cet organe, qu'elle l'est dans celles du cerveau proprement dit : j'ai déjà mentionné les variétés anatomiques qui peuvent servir à l'explication de pareils cas.

Sans avoir donné aucune espèce de preuves à l'appui de leur assertion, d'anciens auteurs ont localisé la *mémoire* dans le cervelet. Willis (3) s'est élevé contre cette manière de voir, et a supposé que cette faculté résidait plutôt dans la substance corticale des circonvolutions du cerveau.

Suivant Flourens (4) et Bouillaud (5), les facultés intellectuelles n'éprouvent, chez les animaux, aucune altération directe par suite des lésions du cervelet. Mais, comme ces animaux ne survivent qu'un laps de temps très court (6), et le plus souvent au milieu d'une agitation extrême, il nous a toujours paru bien difficile d'apprécier, par la voie expérimentale, l'état de l'intelligence après de semblables lésions.

Les observations pathologiques recueillies sur l'homme donnent-elles des renseignements plus précis ?

Andral (7) a réuni onze cas d'abcès du cervelet : « Dans huit de ces cas, l'abcès occupait un des lobes latéraux; dans deux autres, la suppuration avait envahi les deux lobes; et, dans un seul, c'était le lobe médian qui en était le siége. L'intelligence n'a été troublée dans aucun de ces cas, si ce n'est quelquefois tout à fait à la fin de la vie. »

Le même auteur (8) a rassemblé trente-six observations relatives à des tumeurs de diverse nature développées dans le cervelet ou à son pourtour, et qui, dans l'un comme dans l'autre cas, devaient exercer une influence sur les fonctions de cet organe, soit qu'il fût irrité, comprimé ou désorganisé par elles. « Dans la très grande majorité de ces cas, l'intelligence s'est conservée intacte pendant tout le cours de la maladie. Assez souvent, seulement peu de jours avant la mort, l'on a observé un état comateux; tantôt on a pu l'expliquer par une forte injection de toute la masse encéphalique, ou par l'existence dans les ventricules d'une grande quantité de sérosité ; tantôt on n'a trouvé aucune lésion qui pût en rendre compte. Sept malades seulement, sur ces trente-six, ont offert, longtemps avant la mort, un désordre marqué du côté de l'intelligence. »

Pour s'expliquer comment l'intelligence a été troublée par suite de lésions matériellement limitées au cervelet, il est peut-être permis de croire qu'il arrive un moment où, par le seul fait de son existence prolongée, l'affection de cet organe

(1) *Clinique méd. d'Andral*, t. V, p. 706, 2e édit. 1833.
(2) *Recherches sur le ramollissement cérébral*, 2e édit., p. 143.
(3) *Anatome cerebri*, etc., cap. XV, p. 113. Amsterdam, 1683.
(4) *Ouv. cit.*, p. 141.
(5) *Mém. cit.*, p. 26.
(6) Les oiseaux auxquels j'ai enlevé le cervelet n'ont jamais survécu plus de trois jours : les mammifères, même très jeunes, succombent en général beaucoup plus tôt. Le voisinage de la moelle allongée explique sans doute pourquoi les lésions profondes du cervelet sont plus rapidement mortelles que celles des lobes cérébraux.
(7) *Ouv. cit.*, p. 705.
(8) *Ouv. cit.*, p. 722.

va retentir dans le reste de l'encéphale, dans les lobes cérébraux en particulier, et en trouble gravement les fonctions; car il y a certainement un consensus d'action entre toutes les parties encéphaliques, et l'une d'elles ne saurait être longtemps altérée sans que les fonctions des autres finissent par en éprouver des atteintes fâcheuses.

D'après les expériences, d'après les faits pathologiques, le cervelet semblerait donc être étranger à l'exercice de l'intelligence; et si Malacarne a rencontré, chez des idiots, le nombre des lames du cervelet inférieur à celui qui existe à l'état normal, on peut répondre que cette espèce d'arrêt de développement coïncidait avec celui des lobes cérébraux et de leurs circonvolutions. Toutefois, considérant que, dans beaucoup de cas d'abcès et de lésions chroniques de ces lobes eux-mêmes, l'intelligence est demeurée intacte, comme cela est arrivé pour le cervelet, j'avoue qu'il ne m'est pas positivement *démontré* que ce dernier organe soit toujours et absolument passif pendant le travail que suppose l'activité des facultés de l'esprit.

I. D'après Willis (1), le cervelet présiderait aux mouvements involontaires et, en général, aux fonctions de la vie organique: « *Cerebelli officium esse videtur*, dit-il, *spiritus animales nervis quibusdam suppeditare, quibus actiones involuntariæ* (*cujusmodi sunt cordis pulsatio, respiratio, alimenti concoctio, chyli protrusio, et multæ aliæ*), *quæ nobis insciis aut invitis constanti ritu fiunt, peraguntur.* »

Cette opinion, qui a joui d'une grande faveur jusqu'à Lorry, est démentie de la manière la plus formelle par les expériences et les observations pathologiques. En effet, d'une part, en étudiant les fonctions du pneumo-gastrique, nous démontrerons comment Willis, qui regardait ce nerf comme l'intermédiaire principal à l'aide duquel le cœur tire du cervelet le principe de ses mouvements, s'est complétement trompé en attribuant à la suspension brusque de l'influence du cervelet sur le cœur les cas de mort soudaine observés à la suite de la section ou de la ligature de cette paire de nerfs; d'autre part, nous ajouterons que nous avons conservé vivants, pendant deux ou trois jours, des oiseaux auxquels nous avions enlevé tout le cervelet, que ces animaux ont digéré les aliments qui leur avaient été administrés, qu'ils ont excrété leurs fèces, et que, par conséquent, la circulation et la respiration ont persisté en l'absence de la portion de l'encéphale de laquelle Willis fait dériver la cause des mouvements nécessaires à l'accomplissement de toutes ces fonctions.

Les faits pathologiques militent, aussi bien que les expériences, contre le sentiment de Willis. Nous avons lu et médité plus de cent observations de lésions diverses du cervelet, et nous n'avons pas trouvé que les fonctions de la vie nutritive eussent offert des modifications différentes de celles qu'elles présentent dans les cas d'affection des lobes cérébraux, par exemple. La digestion, la circulation, les différentes sécrétions n'ont, en général, présenté rien de bien notable: seulement la respiration a été parfois gravement compromise; ce qui s'explique facilement par le voisinage de la moelle allongée, centre duquel dérive le principe des mouvements respiratoires.

Ajoutons que la jeune fille observée par Combette, quoique dépourvue de cervelet, n'en a pas moins vécu jusqu'à l'âge de onze ans.

(1) *Anatome cerebri*, etc., cap. XV, p. 113. Amsterdam, 1683, édit. in-12.

II. Lapeyronie (1), Pourfour du Petit (2), Saucerotte (3), etc., en se fondant sur quelques expériences et sur un petit nombre d'observations pathologiques, ont fait du cervelet *un foyer de sensibilité*. Willis (4) prétendait que cet organe, à cause de ses relations avec le nerf acoustique, recueillait les sensations auditives qui toutefois s'élaboraient, comme toutes les autres, dans les corps striés regardés par cet auteur comme le siége du *sensorium commune* (5). De nos jours, Foville et Pinel-Grandchamp (6), Dugès (7), etc., ont aussi regardé le cervelet comme éminemment préposé à la sensibilité. Tout en confessant qu'il serait possible que le cervelet ne fût point absolument étranger aux phénomènes sensitifs (puisqu'il communique avec une grande portion des faisceaux postérieurs de la moelle), nous sommes forcé de reconnaître que l'on ignore entièrement le mode de sa coopération dans l'accomplissement de ces phénomènes. Ce qu'il y a de bien positif, c'est que le cervelet n'est pas le foyer *exclusif* des sensations : les expériences le démontrent de la manière la plus évidente (*voy.* plus haut, p. 36 et suiv.). Chez la jeune fille dépourvue de cervelet (8) « les organes des sens remplissaient bien leurs fonctions. » Enfin, la pathologie n'est guère favorable à l'opinion des auteurs qui considèrent le cervelet comme le foyer central où convergent les sensations.

Il est vrai que, dans plusieurs cas de lésions du cervelet (9), la sensibilité générale a été exaltée soit dans tout le corps, soit dans certaines régions circonscrites ; qu'une céphalalgie occipitale des plus vives a existé : mais ne serait-il pas permis de rapporter ces douleurs, cette perturbation de la sensibilité à la stimulation des corps restiformes naturellement si sensibles, plutôt qu'à la lésion même du cervelet ? On se rappelle la complète insensibilité de cet organe chez les animaux vivants.

Quant à la perte de l'ouïe, d'ailleurs si rare dans les affections du cervelet (10), rien ne prouve qu'elle n'ait pas résulté d'une lésion directe du nerf acoustique : pour la perte de la vue, en se rappelant les connexions prochaines de la cinquième paire avec les pédoncules cérébelleux moyens, et l'influence remarquable de ce nerf sur la vision, rien n'empêche de croire que l'altération du cervelet n'ait pu réagir sympathiquement sur les fonctions de cette paire nerveuse. D'ailleurs, de l'aveu de tous les expérimentateurs, l'ablation du cervelet ne rend les animaux ni sourds, ni aveugles, ce qui démontre que l'activité du nerf acoustique, du nerf optique et de la cinquième paire ne dépend pas directement de cet organe. Rappelons que la vue et l'ouïe étaient intactes chez la jeune fille privée du cervelet, et surtout que, dans des cas où celui-ci était entièrement désorganisé, ces deux sens ont été conservés.

Dans douze observations sur des produits accidentels développés dans le cervelet,

(1) *Loc. cit.*
(2) *Ibid.*
(3) *Ibid.*
(4) *Anatome cerebri*, etc., cap. XVII, p. 128 et suiv. Amsterdam, 1683.
(5) *Ibid.*, cap. XIII, p. 95 et suiv.
(6) *Rech. sur le siége spécial de différentes fonctions du système nerveux*. Mars 1823. — Art. ENCÉPHALE, par Foville, du *Dictionn. de médec. et de chirurg. pratiques*, t. VII, p. 202.
(7) *Traité de physiol. comp.*, t. I, p. 355. Montpellier, 1838.
(8) COMBETTE. — *Revue méd.*, t. II. p. 57. 1831.
(9) Voir leur relation, dans mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. I, p. 749. Paris, 1842.
(10) Il est évident que les lésions du cervelet pouvant se terminer par un état comateux plus ou moins profond, l'audition peut alors être abolie plus ou moins complétement comme tous les autres sens. Andral (*loc. cit.*), parmi les faits si nombreux qu'il a rassemblés, rapporte un seul cas de perte de l'audition dans le cours de la maladie : « Encore, ajoute-t-il, il ne faudrait pas se hâter d'affirmer que, dans ce cas, la surdité dépendît de la compression à laquelle le cervelet aurait été soumis. Il serait possible que le kyste eût aussi comprimé à son origine le nerf acoustique. »

la sensibilité générale n'a été altérée que chez un seul individu, dont les membres paralysés furent le siége de vives douleurs. (*Clin. méd.*, d'Andral, t. V, p. 708, édit. cit.)

« Sur dix exemples de ramollissement du cervelet, la sensibilité cutanée a offert la même inconstance d'altérations que dans ceux de ramollissement des hémisphères cérébraux : tantôt elle a été abolie ; tantôt plus vive que de coutume ; tantôt elle s'est conservée à son état normal. Dans les cas où il existait un état comateux, toute la peau était insensible ; hors ces cas, la perte de sensibilité ne se montrait que dans les membres paralysés. » (*Ibid.*, p. 700.)

« La sensibilité, dont quelques auteurs ont placé le siége dans le cervelet, ne nous a pas paru lésée d'une manière spéciale dans les cas d'hémorrhagie de cet organe. » (*Ibid.*, p. 680.)

En supposant que le cervelet ne soit point absolument étranger aux phénomènes sensitifs, nous avions donc raison de dire que l'on ignore entièrement en quoi consiste sa coopération dans l'accomplissement de ces phénomènes.

III. Après avoir pratiqué des expériences sur les animaux des quatre classes de vertébrés, Rolando (1) conclut que le cervelet est la source, l'origine de tous les mouvements, et pense, avec Reil, que l'action de cet organe est de la même nature que celle d'une pile voltaïque. La première conclusion est complétement en désaccord avec les faits : après l'ablation du cervelet chez des oiseaux et chez de jeunes mammifères, nous avons toujours vu ces animaux accomplir encore avec leurs quatre membres des mouvements énergiques, mais *désordonnés*, tels que les a décrits Flourens. La soustraction du cervelet n'abolit donc point les facultés locomotrices ; cet organe n'est donc pas la source de tous les mouvements, comme le prétend Rolando.

« Dans le cervelet, dit Flourens (2), réside une propriété dont rien ne donnait encore l'idée en physiologie, et qui consiste à *coordonner* les mouvements *voulus* par certaines parties du système nerveux, *excités* par d'autres... Le cervelet est le siége exclusif du principe qui coordonne les mouvements de locomotion (3). »

Dans ses expériences exécutées sur des mammifères et des oiseaux, Flourens (4) a constaté, après l'ablation des premières couches du cervelet, seulement un peu de faiblesse et de manque d'harmonie dans les mouvements. Aux couches moyennes, l'animal, tout en continuant de voir et d'entendre, est réduit à la démarche chancelante et désordonnée de l'ivresse ; et, quand l'ablation de l'organe est entière, toute position fixe et stable devient impossible ; l'animal fait d'incroyables efforts pour s'arrêter à une pareille position, et il n'y peut réussir. Mis sur le dos, il ne peut se relever ; il voit néanmoins le coup qui le menace, entend les cris, cherche à éviter le danger, et fait mille efforts pour cela, sans y parvenir : en un mot, il a conservé la faculté de sentir, celle de vouloir et de se mouvoir ; mais il a perdu celle de faire obéir ses muscles à sa volonté (5).

Nous pouvons affirmer que les résultats qui précèdent sont peut-être les plus constants que nous ayons obtenus dans nos expériences variées sur l'encéphale.

(1) *Saggio sopra la vera struttura del cervello*, etc., Sassari, 1809.
(2) *Ouv. cit.*, 2e édit., préface, p. 12.
(3) *Ibid.*, p. 510.
(4) *Ibid.*, p. 37, 53 et 133.
(5) Le phénomène du recul, observé par Flourens et par d'autres expérimentateurs, sera mentionné plus loin.

Quelques personnes qui, sans doute, n'ont jamais été témoins d'expériences semblables, ont prétendu que c'était la gravité seule de la lésion qui produisait le défaut de coordination dans les mouvements. S'il en était ainsi, après la lésion beaucoup plus grave qui résulte de l'ablation complète des lobes cérébraux avec les corps striés eux-mêmes, pourquoi n'observerait-on point ce phénomène remarquable ? A la suite d'une stimulation douloureuse, nous avons vu fuir de jeunes lapins ainsi mutilés. D'autres, au contraire, après la lésion *isolée* du cervelet, n'ont plus fait que se débattre à la même place, sans pouvoir se dérober par la fuite aux tortures physiques qu'on leur faisait endurer. Prenez deux pigeons; à l'un enlevez entièrement les lobes cérébraux, et à l'autre seulement une portion du cervelet : le lendemain, le premier sera solide sur ses pattes, le second vous offrira encore la démarche incertaine et bizarre de l'ivresse. Ce sont là des faits incontestables et faciles à reproduire.

Bouillaud (1) a confirmé, avant nous, à l'aide de nombreuses expériences, les résultats obtenus par Flourens; mais il n'admet point que le cervelet soit le coordinateur de tous les mouvements dits volontaires. « Jusqu'ici, dit Bouillaud, les expériences ne nous autorisent qu'à regarder cet organe comme le centre nerveux qui donne aux animaux vertébrés la faculté de se maintenir en équilibre et d'exercer les divers actes de la locomotion. Je crois, d'ailleurs, avoir prouvé dans un autre travail (2) que le cerveau *coordonnait* certains mouvements, ceux de la parole en particulier. » Bouillaud cite également les mouvements des yeux, ceux de la glotte, des organes de la mastication, comme n'étant point réglés par le cervelet. Mais Flourens (3), en disant que « la moelle allongée est le premier mobile du cri, du bâillement... » n'a pas entendu assurément faire dépendre du cervelet la coordination des mouvements de la glotte et des mâchoires : il est vrai que Bouillaud veut désigner les mouvements volontaires de ces dernières parties, et non ceux qui accompagnent forcément la respiration.

Andral (4), qui a rassemblé *quatre-vingt-treize* cas de maladies du cervelet, dit (5) en parlant de l'un d'eux : « Il est le seul qui tende à confirmer l'opinion des physiologistes qui font du cervelet l'organe de la coordination des mouvements. » Dussions-nous ajouter à ce fait plusieurs autres rapportés par divers auteurs, qu'assurément nous serions loin d'avoir réduit au silence une masse aussi considérable d'observations opposées à l'opinion précédente. Toutefois, la contradiction entre les faits pathologiques et les données expérimentales n'est peut-être pas aussi grande qu'elle paraît l'être de prime abord ; attendu que le plus souvent il s'agit de masses tuberculeuses ou cancéreuses, de kystes de diverses natures, etc., développés dans le cervelet, c'est-à-dire de lésions chroniques dans lesquelles, selon la judicieuse remarque de Morgagni, les fonctions peuvent, jusqu'à un certain point, survivre à l'altération grave d'un organe encéphalique quelconque. Au contraire, dans les expériences, la lésion est brusque, et la perversion fonctionnelle immédiate. A la vérité, dans les hémorrhagies un peu considérables des hémisphères cérébelleux, ce n'est pas le défaut de coordination dans les mouvements qu'on a observé, mais

(1) *Recherches expérimentales tendant à prouver que le cervelet préside aux actes de la station et de la progression, et non à l'instinct de la propagation.* Dans *Arch. gén. de méd.*, t. XV, p. 64. 1827.

(2) *Traité de l'encéphalite*, p. 158 et suiv. Paris, 1825.

(3) *Ouv. cit.*, p. 183.

(4) *Clinique médicale*, t. V, p. 735. 2e édit.

(5) *Ibid.*, p. 707.

ordinairement la perte absolue du mouvement : ce dernier effet ne pourrait-il pas tenir à la compression de la moelle allongée si voisine du siége de l'épanchement ? Ce qui confirmerait notre supposition, c'est la gêne extrême de la respiration et la mort prompte qui sont survenues dans la plupart de ces cas.

Si la science possédait des cas nombreux de lésions traumatiques *isolées* du cervelet chez l'homme (1), il y aurait sans doute plus d'accord entre les révélations de la physiologie expérimentale et celles de la pathologie humaine.

Quoi qu'il en soit, en face des observations pathologiques actuelles, il semble qu'on ne doive adopter qu'avec réserve l'opinion qui fait du cervelet l'organe coordinateur des mouvements volontaires.

D'après Serres (2), le rôle attribué ici au cervelet serait celui des tubercules quadrijumeaux. « Ces tubercules, dit-il, sont *excitateurs* de l'association des mouvements volontaires ou de l'équilibration... Les hémisphères cérébelleux sont excitateurs des mouvements des membres, et plus spécialement des membres pelviens ; le lobe médian du cervelet est *excitateur* des organes de la génération. » Nous avons déjà examiné (p. 223) les faits sur lesquels Serres fonde sa première assertion, et nous ferons connaître les arguments qui lui servent à appuyer la seconde, quand nous présenterons l'examen critique de l'opinion de Gall sur l'usage du cervelet.

IV. Fodéra (3), Flourens (4), Magendie (5), Bouillaud (6), etc., ont noté la tendance qu'ont les animaux à reculer, après la lésion profonde ou la soustraction du cervelet. D'après Magendie (7), il existe, chez les oiseaux, chez les mammifères et chez l'homme, une force intérieure qui les pousse à marcher en avant, une autre qui les porte à reculer : la première réside dans le cervelet, la seconde dans les corps striés. Dans l'état sain, ces deux forces sont dirigées par la volonté et se contre-balancent mutuellement. Mais, suivant le même physiologiste, si l'on enlève l'un ou l'autre organe où siégent ces forces, l'antagoniste demeuré sain obtient tout son effet : de là la rétrocession irrésistible après l'ablation du cervelet, et la propulsion également irrésistible, après la soustraction des corps striés.

Nous avons dit (p. 231) ce qu'il fallait penser du principe moteur spécial que Magendie localise dans cette dernière partie de l'encéphale.

Le même auteur a vu, après la lésion du cervelet, un canard nager en reculant, des pigeons voler en arrière ; mais il ajoute que des lésions de la moelle allongée ont pu produire ces mêmes effets : « La conséquence à déduire de ces expériences, dit-il, se montre d'elle-même : il existe, soit dans le cervelet, soit dans la moelle allongée, une force d'impulsion qui tend à faire marcher en avant les animaux. » La cause du recul, après que le cervelet a été lésé, ne serait donc autre chose que la force de rétrocession que Magendie a imaginée, et dont il a cru devoir placer le siége dans les corps striés.

(1) Pourfour du Petit (*première de ses trois Lettres sur le cerveau*, Namur, 1710) parle d'un soldat qui reçut un coup de mousquet dont la balle avait traversé la partie gauche du cervelet et le lobule postérieur gauche du cerveau. Ce malade présenta un grand désordre dans ses mouvements.

(2) *Anatom. comp. du cerv.*, t. II, p. 717 et 718.

(3) *Rech. expériment., sur le syst. nerv.* Dans *Journ. de physiol. expérim.*, t. III. 1823.

(4) *Loc. cit.*

(5) *Précis élém. de physiol.*, t. I, p. 409. Paris, 1836.

(6) *Loc. cit.*

(7) *Ouv. cit.*, t. I, p. 407, 409 et 410.

Maintenant, il nous faut examiner la valeur de l'hypothèse précédente sur le rôle du cervelet dans la locomotion. Et d'abord, comme le lecteur pourrait croire que cette hypothèse se fonde sur un résultat expérimental qu'on reproduit à volonté, il importe qu'il sache que le mouvement de *recul*, à la suite des blessures ou de la soustraction du cervelet, chez les mammifères ou chez les oiseaux, est bien loin d'être un phénomène constant.

En effet, dans *dix-huit* expériences, Flourens (*ouv. cité, passim*) ne l'a observé que *cinq* fois; et Bouillaud (*loc. cit.*) *quatre* fois seulement, dans *dix-huit* autres expériences. Encore, ces deux physiologistes qui ont expérimenté sur des mammifères et des oiseaux, ont-ils reconnu que cette allure rétrograde se combinait parfois avec des mouvements propulsifs, ce que plusieurs fois aussi nous avons constaté nous-même. « Aucune de mes dix expériences sur le cervelet, dit Lafargue (1), n'a produit le mouvement de recul : d'où il suit que le mode de locomotion observé par d'autres, à la suite des mutilations de cet organe, n'est pas assez constant pour justifier l'hypothèse de Magendie. »

Mais on pourrait croire qu'au moins cette hypothèse est confirmée par une masse imposante de faits pathologiques... Sur les *quatre-vingt-treize* observations de maladies variées du cervelet rassemblées par Andral, et dans lesquelles figurent quelquefois des désorganisations presque complètes de cet organe, on en trouve *une seule* dans laquelle le malade offrit une tendance à reculer. Cette observation, recueillie, en 1796, par Petiet, médecin d'un des hôpitaux de Weissembourg, est consignée dans le t. VI du *Journ. de physiol. expérim.*, p. 162.

Si l'opinion qui donne au cervelet la propriété d'être le *régulateur* des mouvements volontaires ne réunit pas non plus en sa faveur un grand nombre de faits pathologiques, toujours est-il qu'elle se fonde, comme nous l'avons affirmé d'après nos propres recherches, sur des expériences dont les résultats sont invariables ; c'est-à-dire, sinon sur le défaut de coordination de *tous* les mouvements volontaires, au moins sur celui des mouvements des membres. Au contraire, l'hypothèse qui place dans le cervelet une force impulsive en avant ne saurait pas même s'appuyer sur l'expérimentation, puisque le mouvement de recul ne s'observe que rarement chez les animaux dont le cervelet est mutilé, et que d'ailleurs un pareil phénomène semble n'être qu'un des résultats variés du défaut de coordination dans les mouvements des membres.

Nous avons fait connaître (p. 214) les singuliers troubles de locomotion qu'occasionne la section des pédoncules du cervelet chez les animaux, ou leur lésion morbide chez l'homme.

V. Suivant Gall (2), le cervelet est l'organe de l'instinct de la propagation ou du penchant à l'amour physique.

Ne devant passer en revue que les principaux arguments qui ont été émis en faveur de cette opinion, nous examinerons d'abord la valeur de ceux que l'on a empruntés à la pathologie (3).

Les faits dans lesquels le priapisme, chez l'homme, a coïncidé avec une lésion du cervelet ne sauraient être invoqués comme réellement confirmatifs de l'opinion

(1) *Essai sur la valeur des localisations encéphaliques, sensoriales et locomotrices, proposées pour l'homme et les animaux supérieurs. Thèse inaug.* Paris, 14 mai 1838, n° 115, p. 15.

(2) *Fonct. du cerveau*, t. III, p. 245. Paris, 1825.

(3) Voir, pour les détails des faits pathologiques, mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. I, p. 757 et suiv.

de Gall; et plusieurs pathologistes ont considéré bien à tort cet état de l'appareil génital comme un signe pathognomonique des apoplexies cérébelleuses. En effet, sur quinze cas de lésion avec compression de la portion cervicale de la moelle épinière, l'érection du pénis a été observée huit fois (1), et trois fois sur treize cas ayant trait à des lésions de la portion dorso-lombaire.

Serres (2), se fondant principalement sur sept cas, dans lesquels avait été observée la surexcitation des organes génitaux, coïncidant avec une apoplexie du *lobe médian* du cervelet, a cru devoir modifier l'opinion de Gall, en ce sens qu'il regarde « ce lobe médian comme l'excitateur des organes de la génération, et les hémisphères du cervelet comme excitateurs des mouvements des membres (3). » « Dans aucun des cas dont nous avons fait l'analyse, dit Andral (4), tous relatifs à l'hémorrhagie d'un des *lobes latéraux* du cervelet, il n'est question de phénomène particulier du côté des voies génitales. » Il en a été de même sur treize cas de ramollissement d'un des *lobes latéraux;* aucun signe d'érection. Dès lors ne serait-on pas tenté de croire, de prime abord, que le lobule médian du cervelet, à l'exclusion des lobes latéraux, partage avec la moelle le privilége de déterminer l'excitation des organes génitaux ou l'érection? Avec Pétrequin (5), il est peut être permis de penser que, si l'érection a pu coïncider spécialement avec les hémorrhagies du lobule central, cela tient à ce que l'accumulation sanguine, plus proche de la moelle allongée, peut exercer sur elle une compression plus directe, troubler sa circulation et entraîner une modification morbide dans ses fonctions et sa vitalité : en effet, sur trente-six cas de produits accidentels développés dans la masse cérébelleuse (Andral, *ouv. cité*, t. V, p. 735), un seul a coïncidé avec une érection permanente; et remarquez qu'ici une masse tuberculeuse exerçait une compression manifeste à la fois sur le lobe droit du cervelet et sur la partie supérieure de la moelle. Pétrequin fait observer, avec juste raison, que cette lésion du cordon spinal se retrouve dans l'histoire de plusieurs nécropsies. On lit dans une des observations de Serres qu'il y avait, entre autres désordres, une phlogose de la protubérance annulaire et *du commencement de la moelle*. Ajoutons que, tandis que sur quatorze cas de ramollissement circonscrit du cervelet, aucun n'a présenté l'érection, au contraire, sur trois seulement de *ramollissement de la totalité de cet organe* (Andral, *ouv. cité*, p. 701), ramollissement qui, par cela même, pouvait s'étendre jusqu'à l'origine de la moelle, sur trois cas, dis-je, *deux* ont offert le phénomène de l'érection du pénis. D'ailleurs, dans les cas rapportés par Serres, l'état anatomique du canal vertébral n'a pas toujours été exploré; une altération simultanée du cordon spinal n'est-elle pas au moins probable, par cela seul que, dans la plupart des faits mentionnés par cet auteur, il est question d'une roideur tétanique ou de mouvements convulsifs des membres?

En résumé, nous sommes porté à croire, avec Pétrequin, qu'on doit rapporter

(1) *Traité des maladies de la moelle épinière*, par Ollivier (d'Angers), t. I, p. 367, 3e édit. Paris, 1837. *Ibid.*, p. 316 et suiv.

(2) *Anatom. comp. du cerveau*, t. II, p. 601 et 717.

(3) BURDACH (*Von Baue und Leben des Gehirns*, Leipzig, 1819-26, t. III, p. 297, 319, 423), ayant réuni *cent soixante-dix-huit* observations de lésions variées du cervelet, n'en a trouvé que *dix* tendant à faire supposer une certaine corrélation fonctionnelle entre le cervelet et les organes génitaux.

(4) *Ouv. cit.*, t. V, p. 680, 2e édit. 1833.

(5) *Sur quelques points de la physiol. du cervelet et de la moelle épin.* Dans *Gaz. méd. de Paris*, t. IV, 1836, n° 35, p. 546.

à la moelle épinière l'influence attribuée exclusivement au lobule médian du cervelet. Cette conclusion paraîtra d'autant plus probable que, comme nous l'avons déjà dit, la tendance au priapisme s'observe très fréquemment dans les lésions morbides de la partie supérieure de la moelle, et que d'ailleurs, chez les animaux, d'après Ségalas (1), on peut, par des titillations artificielles de la portion cervicale de cet organe, produire l'érection, et même l'éjaculation, si l'on excite en même temps la portion lombaire; tandis que ni l'un ni l'autre de ces phénomènes n'a lieu, *si l'on stimule isolément soit le cervelet*, soit le cerveau (2).

Quant aux observations que Gall emprunte à Larrey, et dans lesquelles il est question de l'oubli des désirs érotiques, ou de lésions de l'appareil génital autres que le priapisme, et coïncidant avec des altérations du cervelet, elles méritent à peine une réfutation. Dans l'observation de René Bigot, par exemple, il est dit que le blessé avait cessé d'être passionné pour les femmes. Remarque étrange, si l'on songe que ce soldat mourut le *trente-huitième jour* de sa blessure, qu'il éprouva durant ce temps des douleurs vives sur le trajet de l'épine dorsale, douleurs accompagnées de cris lugubres, qu'en un mot il se trouvait dans des conditions dépressives qui font taire, chez la plupart des hommes, l'appétit vénérien. Si l'on veut bien se rappeler l'influence remarquable de la moelle sur la circulation capillaire, l'atrophie de cet organe sur le précédent malade, les douleurs vives sur le trajet de l'épine dorsale, il sera assurément bien permis de rapporter le fourmillement et l'atrophie des testicules, plutôt à la lésion de la moelle qu'à celle du cervelet lui-même.

Quant au cas dans lequel le pénis n'était long que de six lignes et les testicules seulement du volume d'un haricot, si l'on a trouvé le cervelet moitié moins volumineux qu'à l'état normal, rien ne prouve qu'il ne s'agisse point ici d'une simple coïncidence entre deux phénomènes tout à fait indépendants l'un de l'autre.

Comme, dans le troisième cas, on n'a fait que soupçonner une lésion du cervelet, et comme, d'ailleurs, il est survenu une faiblesse générale de tous les organes, y compris ceux de la génération, il nous semble inutile de nous arrêter à ce fait aussi insignifiant que celui qui nous reste à examiner en quelques mots. Si, chez une vache observée par Thion (3), le part s'est fait sans sécrétion laiteuse, et si cette vache n'a plus redemandé les approches du mâle, il n'y a rien là qui doive surprendre, puisqu'il est dit que l'animal avait perdu l'appétit, maigrissait et était sans cesse assoupi. A la vérité, le part avait eu lieu quelque temps avant que les symptômes de la maladie encéphalique se fussent prononcés, ce qui n'empêche pas de croire que l'affection morbide existait déjà et qu'elle avait pu exercer sur l'économie tout entière, et partant sur les sécrétions, une influence fâcheuse. Mais qui oserait affirmer que si les arborisations cartilagineuses et les nombreux tubercules, dont l'autopsie a révélé l'existence, eussent siégé dans toute autre partie de l'encéphale que dans le cervelet, la sécrétion laiteuse n'eût pas été de même abolie?

(1) *Journ. de physiol. expériment.*, t. IV, p. 293. 1824.

(2) Budge et Valentin (*ouv. cit.*) disent avoir provoqué, par la stimulation directe du cervelet, des mouvements dans *les testicules, les vésicules séminales, les trompes, la matrice*, la vessie, l'estomac et le canal intestinal; mais, jusqu'à présent, je n'ai jamais pu réussir à confirmer les observations de ces physiologistes. Du reste, je dois avouer que, dans cinq expériences tentées sur trois cabiais et deux lapins, il m'a été également impossible de reproduire les résultats annoncés par Ségalas.

(3) *Arch. gén. de méd.*, t. XIII, p. 287. 1827.

D'ailleurs, la suppression de cette sécrétion ne pourrait-elle pas être attribuée aussi à bien d'autres causes indépendantes de l'affection encéphalique ?

Aucun de ces faits pathologiques ne tend donc à démontrer que l'opinion de Gall sur le cervelet soit fondée.

Il n'est pas sans intérêt d'opposer à de pareilles observations, regardées comme favorables à Gall par quelques auteurs, l'exemple d'une jeune fille qui, complétement dépourvue du cervelet, se livrait néanmoins à la masturbation (1).

Si réellement l'instinct vénérien résidait dans le cervelet, il faudrait donc supposer que cet instinct peut se manifester en l'absence de son organe ; supposition que la raison désapprouve. A la vérité, l'observation précédente est également subversive des diverses opinions dans lesquelles le cervelet est considéré tantôt comme un foyer de sensibilité, tantôt comme le générateur des mouvements volontaires ou involontaires, tantôt comme le siége d'une force impulsive en avant, etc. Serait-ce qu'aucune de ces manières de voir sur les attributions du cervelet n'est réellement fondée? Cela est probable. La jeune fille dont il s'agit « se *laissait souvent tomber*; » on pourrait donc trouver là une confirmation de l'opinion qui voit dans le cervelet le régulateur des mouvements : mais, les chutes étaient-elles la conséquence d'une grande faiblesse ou d'un défaut de coordination dans les facultés locomotrices?

Gall (2) a cru devoir affirmer que c'est seulement à l'âge où se manifeste le penchant à l'amour physique que le cervelet acquiert, relativement au cerveau, la proportion qu'il conservera plus tard (3). Mais cette assertion est complétement infirmée par les recherches de Sœmmering, d'Ackermann, des frères Wenzel et de Lélut (4), qui s'accordent à démontrer que c'est dès l'âge de quatre ou cinq ans que s'établit la proportion prétendue pubère du volume du cervelet à celui du cerveau proprement dit ; de sorte que, d'après la remarque de Lélut, si l'on voulait à un fait irréfragable rattacher une explication assez bien d'accord avec les données actuelles de la physiologie expérimentale, on pourrait dire que le cervelet prend, relativement au cerveau, sa proportion définitive à l'âge où les mouvements joignent enfin à une grande activité une sûreté qu'ils n'avaient pas eue dans les trois ou quatre premières années de la vie.

Comme l'ont prouvé Rudolphi, les frères Wenzel, Parchappe et Lélut, il n'est pas non plus exact de dire, avec Gall, que cette proportion diminue dans la vieillesse, c'est-à-dire à mesure que diminue et va en s'éteignant le besoin du rapprochement des sexes.

Gall, supposant que le sentiment de l'amour physique est moins actif chez les femmes et les femelles des animaux qu'il ne l'est dans le sexe mâle, n'hésite pas à avancer, sans appuyer d'ailleurs son assertion d'aucun chiffre, que les mâles possèdent, relativement, le plus gros cervelet. Il prétend aussi que la castration détermine une diminution notable dans le volume relatif de cet organe. Mais les résul-

(1) COMBETTE. *Rec. cit.*

(2) *Fonct. du cerv.*, etc., t. III, p. 255 et suiv. Paris, 1825.

(3) Quoique les évaluations qui ont été données de cette proportion par divers anatomistes soient un peu variables, on s'en tient assez généralement aux moyennes suivantes : Dans l'âge adulte, le cervelet représente en poids la *septième partie* du cerveau proprement dit, tandis qu'à la naissance il représente seulement la *vingtième partie* de ce dernier organe.

(4) *Appréciation des idées de Gall sur les fonctions du cervelet.* Dans *Annales méd. psychol.*, t. II, p. 175. 1843.

tats obtenus par Leuret (1) et par Lélut (2) ne sont pas encore favorables aux assertions du physiologiste allemand.

Après s'être livré à des recherches comparatives sur un assez grand nombre d'encéphales provenant d'étalons, de juments et de chevaux hongres, Leuret en formule ainsi les conclusions : « Les étalons ont comparativement le cervelet le moins développé ; les juments sont mieux favorisées qu'eux sous ce rapport ; et les chevaux hongres le sont plus que les uns et les autres. Si l'une des deux parties principales de l'encéphale s'est atrophiée chez les chevaux hongres, c'est le cerveau : car il est seulement de 419 grammes, tandis que le cerveau des étalons est de 433 ; et si l'une d'elles s'est développée de manière à prédominer sur les autres, c'est le cervelet des chevaux hongres qui pèse 70 grammes, tandis que celui des étalons et des juments n'en pèse que 61. »

De son côté, Lélut est arrivé à conclure de ses recherches, contrairement à Gall, que le cervelet serait, chez la femme, plus gros, proportionnellement au cerveau, qu'il ne l'est chez l'homme ; et encore, notez que les pesées, d'après lesquelles Lélut a établi cette conclusion, appartiennent en majorité à des femmes fort âgées, c'est-à-dire de l'âge de soixante à quatre-vingt-sept ans, de cet âge auquel, suivant Gall, le cervelet décroît depuis longtemps d'une manière notable.

Quelques uns de ceux qui soutiennent, avec Gall, que le cerveau préside à l'amour physique, font observer que, chez les raies et les squales, dont le cervelet présente une organisation plus parfaite que celle du même organe chez la plupart des autres poissons, la fécondation s'opère au moyen de l'union intime des sexes, et ils croient trouver là une confirmation de leur système. Mais Leuret (3) s'est appliqué à rechercher s'il y avait réellement coïncidence entre ces deux faits, c'est-à-dire entre la perfection du cervelet des poissons et l'existence ou le développement de leur amour physique. Eh bien, cette coïncidence n'existe même pas. Les squales, les raies, les chimères, les syngnathes, les blennies, les silures et les anguilles, présentent le phénomène de l'union sexuelle, et, parmi eux, il y a seulement un certain nombre de raies et de squales qui aient des lamelles au cervelet ; la petite et la grande roussette n'en ont pas ; il en est de même de la raie batis : ces trois derniers animaux présentent seulement de légères dépressions. Quant à l'anguille, il est hors de doute que son cervelet n'a pas de lamelles, et qu'il y a chez elle, comparativement, moins de cervelet que chez la morue ; et cependant elle exerce l'acte de la copulation de la même manière que les squales et les raies. Si, pour surabondance de preuves, on compare le cervelet de la morue (poisson qui ne présente pas le phénomène de l'union sexuelle) à celui des chiens de mer ou roussettes, on leur trouvera, selon Leuret, une analogie presque complète. Ainsi, d'une part, copulation avec un cervelet très développé et avec un cervelet à peine développé ; et, d'autre part, absence de copulation avec un cervelet bien développé : d'où il faut conclure qu'entre l'acte de la copulation et la perfection du cervelet, il n'y a, chez les poissons, ni corrélation, ni même coïncidence. « Or, ajoute Leuret, la copulation étant le phénomène principal de l'amour physique, il est rationnel de conclure que l'amour physique ne réside pas dans le cervelet, chez les poissons. »

(1) *Anat. comp. du syst. nerv.*, t. I, p. 426 et suiv. Paris, 1839.
(2) *Rec. cit.*
(3) *Ouv. cit.*, p. 219.

Parmi les reptiles, les grenouilles sont réputées se livrer à l'acte de la reproduction avec une telle ardeur, que les mâles, absorbés par leurs sensations érotiques, deviennent étrangers à presque toutes les causes de douleur physique. Pourtant, le cervelet, comme nous l'avons déjà fait remarquer, est tellement rudimentaire chez ces animaux, que son existence a été niée ou révoquée en doute par plusieurs anatomistes. Calmeil (1) a reconnu que l'instinct de l'accouplement survivait, chez les reptiles, à l'évulsion du cervelet; qu'au contraire, il était aboli par la soustraction des lobes cérébraux. Magendie (2) est arrivé à des résultats analogues.

Chez un coq auquel il avait retranché une grande partie du cervelet, et qu'il conserva vivant pendant huit mois, Flourens (3) a vu persister l'instinct de la propagation : « Cet animal avait été mis plusieurs fois avec des poules, et il avait toujours cherché à les cocher, « sans avoir pu y réussir, *faute d'équilibre*. » Ainsi, dit Flourens, l'instinct de la propagation subsistait : cet instinct ne dépend donc pas du cervelet; mais l'équilibre des mouvements ne subsistait plus ; cet équilibre dépend donc du cervelet... Enfin, *les testicules de ce coq étaient énormes*. »

Ni la pathologie, ni l'anatomie anormale, ni l'anatomie comparée, ni la physiologie expérimentale ne tendent, par conséquent, à faire admettre le sentiment de Gall sur les fonctions du cervelet.

D'après la discussion à laquelle nous venons de nous livrer, en face de tant de faits qui semblent se contredire les uns les autres, le lecteur peut juger de la réserve qu'il convient d'apporter dans une conclusion, et reconnaître qu'assurément la détermination précise des usages du cervelet est un des problèmes les plus embarrassants de la physiologie. Toutefois, si, dans l'état actuel de la science, il nous était permis de donner quelque préférence à l'une des précédentes opinions, nous choisirions celle qui représente le cervelet comme influençant d'une manière spéciale la coordination des mouvements de translation, parce que la physiologie expérimentale la confirme pleinement; parce que l'anatomie anormale ne la contredit point; parce qu'enfin, comme nous avons essayé de le démontrer, elle n'est peut-être pas en opposition aussi formelle qu'il le semblerait d'abord avec les faits pathologiques. Rappelons que le cervelet nous a paru, comme à Flourens, être la seule partie de l'encéphale dont la lésion entraînât, même bien longtemps après elle, la désharmonie dans les mouvements des animaux. Cependant nous sommes bien loin d'oser affirmer que le cervelet ait pour *rôle exclusif* de coordonner les mouvements volontaires des membres, sans vouloir admettre, avec Gall, qu'il soit le siége ou l'organe de l'instinct de la propagation.

PROPRIÉTÉS ET FONCTIONS DES NERFS EN PARTICULIER (4).

Les *nerfs* représentent des espèces de cordons à l'aide desquels l'axe cérébro-spinal établit ses relations avec le reste de l'organisme.

En traitant de la distinction, dans le système nerveux, des appareils du sentiment et de ceux du mouvement; en étudiant, d'une manière générale, le mode

(1) Art. SYSTÈME NERVEUX, du *Dict. de méd.*, ou *Rép. des sc. méd.*, t. XX, p. 567. Paris, 1839.
(2) *Leç. sur les fonct. du syst. nerv.*, t. I, p. 333 et suiv. Paris, 1839.
(3) *Ouv. cit.*, p. 163, 2e édit.
(4) Pour la description et la structure intime des nerfs, voyez mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*

d'action des uns et des autres, leurs rapports avec diverses fonctions organiques, avec le *pouvoir réflexe* et les phénomènes sympathiques ; en examinant l'hypothèse de l'existence de courants électriques dans le système nerveux et l'influence qu'exercent sur lui les agents électrique, mécaniques et chimiques, nous avons également fait connaître les propriétés générales des nerfs.

Maintenant nous devrons insister seulement sur ceux qui, à cause de leur influence spéciale sur certains organes déterminés, se recommandent à l'intérêt du physiologiste.

Le point de conjugaison des nerfs avec l'axe cérébro-spinal, ou plutôt le lieu de leur sortie hors de la cavité céphalo-rachidienne, les a fait diviser : 1° en *nerfs rachidiens* ou spinaux, qui émergent par les trous de conjugaison de la colonne vertébrale ; 2° en *nerfs crâniens* ou cérébraux, qui sortent par les trous de la base du crâne.

A côté des nerfs rachidiens et crâniens, plus spécialement destinés aux organes des sens et aux muscles volontaires ou semi-volontaires, il faut encore ranger le *nerf grand sympathique*, mystérieux appareil dont l'action s'exerce principalement sur les organes soustraits à l'empire de la volonté, et dont l'intéressante étude devra nous occuper plus tard.

NERFS RACHIDIENS.

Chez l'homme, on compte, de chaque côté, *trente et un nerfs* auxquels les trous vertébro-sacrés livrent passage : ces nerfs, associés à gauche et à droite, forment trente et une paires, dont *huit* cervicales, *douze* dorsales, *cinq* lombaires et *six* sacrées.

Chaque nerf rachidien ou spinal communique avec la moelle épinière à l'aide de deux racines, l'*une antérieure*, l'*autre postérieure*, que sépare le ligament dentelé. Les nombreux filets de l'une et l'autre racine convergent et forment deux faisceaux d'abord distincts dont l'union donne bientôt naissance à un seul tronc : tout près du lieu de cette union, la racine postérieure présente un renflement ganglionnaire. Puis, après un court trajet, le tronc nerveux unique (*tronc* ou *nerf rachidien*) se divise en deux branches, l'une postérieure, l'autre antérieure, qui elles-mêmes se composent de filets radiculaires des deux ordres. Ajoutons que chaque ganglion de la portion rachidienne du grand sympathique tient aux deux ordres de racines des nerfs spinaux.

On a vu (1) que l'excitation mécanique des racines spinales antérieures ne donne pas lieu à la moindre douleur ; que leur section paralyse le mouvement des parties qui en reçoivent des filets ; que le galvanisme, appliqué *à leurs bouts périphériques*, provoque des contractions musculaires très apparentes ; qu'au contraire, le pincement des racines postérieures est très douloureux ; que la section de ces racines abolit la sensibilité des organes auxquels elles se distribuent, et que le galvanisme appliqué, avec les précautions déjà indiquées, *à leurs bouts périphériques*, ne suscite pas la moindre oscillation de la fibre musculaire. En d'autres termes, on sait déjà que les trente et une paires de racines spinales antérieures sont motrices, et président à la contraction de tous les muscles du tronc et des membres ; tandis que les trente et une paires de racines spinales postérieures sont sensitives, et président à la sensibilité de l'enveloppe cutanée de tout le tronc, des quatre membres et du segment postérieur de la tête, aussi bien qu'à celle des

(1) P. 3 et suiv.

membranes muqueuses des voies génito-urinaires et de la partie inférieure du tube digestif.

J'ai déjà suffisamment insisté (1) sur les propriétés sensitive et motrice des nerfs rachidiens, et sur les relations de ces nerfs avec certaines fonctions organiques. Toutefois, je crois devoir ajouter ici de courtes explications à propos de la prétendue *sensibilité récurrente* des racines spinales antérieures.

En 1839 (2), admettant que les deux ordres de racines spinales sont sensibles, quoique à des degrés différents, je crus pouvoir conclure, d'une expérience faite sur un chien, que toute racine antérieure jouit d'une sensibilité acquise qui réclame l'intégrité de la racine postérieure correspondante, attendu qu'après la section de cette dernière, la première m'avait paru perdre toute sensibilité. Ayant communiqué ce résultat à Magendie, dans le laboratoire duquel il fut constaté, cet expérimentateur pensa le confirmer en coupant une racine antérieure dont le bout périphérique lui parut être sensible, et le bout central insensible.

Si la sensibilité récurrente des racines spinales antérieures devait être regardée comme un fait réel, je pourrais donc rappeler aujourd'hui, comme en 1839, mes droits à sa découverte, puisque, en effet, le premier à cette époque, je fixai l'attention des physiologistes sur l'extinction de la sensibilité qui surviendrait dans une racine antérieure intacte, aussitôt qu'on aurait divisé la racine postérieure correspondante. Mais, depuis lors, dans plusieurs centaines d'expériences, que j'eusse enlevé un, deux ou un plus grand nombre d'arcs vertébraux, que j'eusse laissé ou non reposer les animaux après l'opération préalable, je ne parvins plus à retrouver, dans aucun cas, la prétendue sensibilité rétrograde des racines antérieures, et je dus abandonner mon ancienne manière de voir que, récemment, Magendie (3) a reproduite comme l'expression de la vérité. Je n'en persiste pas moins à regarder comme rigoureusement exactes mes expériences ultérieures qui démontrèrent l'insensibilité absolue et constante des racines spinales antérieures et des colonnes antérieures de la moelle épinière.

NERFS CRANIENS.

Si la légitimité de la division des nerfs rachidiens en moteurs et en sensitifs n'est plus contestable, une distinction analogue s'applique aussi aux nerfs crâniens que mes investigations anatomiques et expérimentales m'ont fait rapporter à trois classes ainsi constituées :

Dans la première se rangent les nerfs de sensations spéciales : l'*olfactif*, l'*optique* et l'*auditif*.

Dans la seconde figurent les nerfs de sensibilité générale : *les portions ganglionnaires du trijumeau, du glosso-pharyngien et du pneumo-gastrique*, qui, pouvant en outre servir à certaines sensations spéciales, établissent une transition entre les nerfs précédents et les nerfs qui servent exclusivement à la sensibilité générale.

Enfin, dans la troisième classe, se trouvent ceux qui président aux mouvements volontaires et à certains mouvements respiratoires : *le moteur oculaire commun*, *le pathétique*, *le masticateur* (portion non ganglionnaire du trijumeau), *le moteur oculaire externe*, *le moteur tympanique*, *le facial*, *le spinal et le grand hypoglosse*.

(1) P. 2 et suiv.
(2) *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sciences*, 3 et 10 juin, p. 881 et 919.
(3) *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sciences*, 28 juin 1847.

J'ai déjà fait connaître (1) les caractères généraux et distinctifs des nerfs des deux dernières classes, nerfs qui offrent les plus grandes analogies avec les deux sortes de racines spinales. Il ne reste donc plus, avant de passer à l'étude physiologique de chaque nerf crânien, en particulier, qu'à exposer les caractères communs aux nerfs de la première catégorie.

Nerfs Sensoriaux (2).

Un fait qui frappe tout d'abord, et qui est bien digne de fixer l'attention, est le suivant : Chacun des nerfs de sensations spéciales peut être lésé d'une manière quelconque, sans éveiller jamais la moindre douleur. Ch. Bell (3) est le premier qui ait signalé cet important résultat que nombre de fois nous avons vérifié, au moins pour l'olfactif et l'optique : nous avons toujours vu les animaux demeurer impassibles pendant la destruction de ces nerfs.

Mais, si une douleur analogue à celle qu'occasionne la section d'un nerf de sensibilité générale n'est point alors perçue, les sensations propres à chaque *nerf sensorial* peuvent, au contraire, se développer sous l'influence d'excitations mécaniques ou électrique dirigées sur lui.

Ainsi, au rapport des chirurgiens, la section du nerf optique, dans l'extirpation de l'œil, fait apercevoir au malade des masses considérables de lumière, à condition, toutefois, que le nerf optique soit resté sain dans le lieu même de la section. L'électricité, dégagée de deux métaux hétérogènes faisant la chaîne avec l'œil, suffit déjà pour donner lieu, dans l'obscurité, à une faible sensation lumineuse : l'œil n'a pas même besoin de se trouver dans le courant ; car, pourvu qu'il en soit très rapproché, la sensation se produit encore par l'effet d'une partie du courant qui se détourne sur lui. C'est ce qui arrive, par exemple, lorsqu'une des plaques est mise en contact avec la face interne d'une paupière, et l'autre avec l'intérieur de la bouche (4) ; expérience faite pour la première fois par Volta, à Milan (5).

La stimulation électrique des nerfs auditifs détermine des sensations auditives : le même savant, ayant compris ses oreilles dans la chaîne d'une pile de quarante couples, éprouva un sifflement et un bruit saccadé qui persistèrent tant que le circuit demeura fermé. Ritter (6) a fait des observations analogues sur lui-même.

Divers observateurs ont parlé d'une odeur phosphorée, ou d'autres sensations olfactives, perçues sous l'influence d'un courant électrique dirigé dans les fosses nasales. Plusieurs fois j'ai fait passer, dans *la partie supérieure* de mes fosses nasales, des courants électriques d'intensité variable, et j'ai toujours éprouvé un picotement plus ou moins vif dans la pituitaire, accompagné d'une sécrétion abondante de larmes ; mais je n'ai jamais perçu aucune sensation olfactive.

Chacun sait que si l'on agit sur les nerfs gustatifs, en armant la langue avec des métaux hétérogènes, on développe une saveur acide ou salée, suivant la situation des plaques, dont l'une est appliquée sur l'organe et l'autre dessous. Il est bien

(1) P. 15 et suiv.

(2) Ou de sensations spéciales.

(3) *Idea of a new anatomy of the brain*, p. 35. 1811. — *Narrative of the discoveries of sir Ch. Bell in the nervous system, by* AL. SHAW, p. 223. London, 1839.

(4) Pfaff, cité par Aldini (*ouv. cit.*, p. 162), a proposé d'utiliser ce phénomène pour distinguer les cataractes simples de celles qui sont compliquées d'amaurose.

(5) *Philos. Trans.*, 1800, p. 427. — Aldini, *Essai théorique et expérimental sur le galvanisme*, p. 108. Paris, 1804, in-4°.

(6) *Der Siderismus, oder neue Beiträge zur nähern Kenntniss des Galvanismus und der Resultate seiner Untersuchungen*. t. I. Tubingen, 1808.

présumable, d'après ce qui a lieu pour les nerfs optiques et auditifs, que cet effet dépend d'une action directe de l'électricité sur les nerfs du goût, plutôt qu'il ne dépend de la décomposition des sels de la salive. Nous donnerons d'ailleurs, en traçant l'histoire des nerfs glosso-pharyngien et lingual, les raisons qui doivent faire admettre, dans ces nerfs, des filets spéciaux pour les saveurs, et distincts de ceux qui transmettent les impressions tactiles.

Il est donc évident que chaque nerf sensorial n'est apte qu'à un mode déterminé de sensation, et qu'un même irritant ne fait que mettre en jeu la propriété spéciale de chacun d'eux ; ce qui constitue déjà un argument contre la doctrine de la transposition des sens d'un nerf à un autre, doctrine dont nous avons discuté la valeur dans nos considérations générales sur les sens.

On ignore si la cause des aptitudes particulières des nerfs de sensations spéciales réside en eux-mêmes ou dans les parties de l'encéphale avec lesquelles ils sont en communication : peut-être ces aptitudes diverses tiennent-elles à la fois à une structure et à une origine différentes pour chacun d'eux. Avouons toutefois que les recherches microscopiques sont loin d'avoir révélé, jusqu'à présent, des caractères suffisants pour faire distinguer sûrement les nerfs sensoriaux les uns des autres. Au contraire, dans mes expériences, étant déterminées les attributions d'un nerf moteur ou sensitif, j'ai toujours trouvé des attributions concordantes dans les points de l'axe cérébro-spinal qui lui donnaient insertion : on a vu déjà que j'ai fait la même remarque, en expérimentant sur les nerfs optiques et sur les tubercules desquels ils proviennent ; c'est-à-dire que j'ai dû, dans chaque cas, déterminer des sensations de lumière subjective, comme l'ont démontré les phénomènes de réaction qui se sont manifestés dans l'iris des deux yeux. Ces faits semblent donc autoriser à croire que les parties de l'encéphale continues aux nerfs olfactif et acoustique participent aussi à leurs propriétés spéciales. Par conséquent, l'étude de l'extrémité centrale des nerfs me paraît être le point le plus important de leur histoire, puisque leurs aptitudes fonctionnelles différentes dépendent probablement du lieu de leur union avec l'axe cérébro-rachidien.

On se rappelle que nous avons établi que les nerfs de sensibilité générale communiquent avec le faisceau médullaire postérieur, et ceux de mouvement, avec le faisceau antéro-latéral. Quant aux nerfs de sensations spéciales, nous croyons que c'est bien à tort qu'on s'est efforcé de leur trouver des moyens de communication avec le prolongement des faisceaux postérieurs de la moelle. En effet, d'après ce qui précède, qu'ont-ils de commun avec la sensibilité générale confiée à ceux-ci ? Quel rapport de propriétés existe-t-il entre les nerfs olfactif, optique, auditif, insensibles à nos irritants mécaniques, et les faisceaux médullaires postérieurs, dont le pincement ou la section provoque des douleurs si vives ? Évidemment, il répugne d'admettre que le siége cérébral de sensations aussi distinctes que les sensations olfactives, visuelles et auditives doive se rencontrer sur le prolongement d'un même faisceau nerveux, destiné à conduire les impressions tactiles.

Nerf olfactif.

Galien (1), localisant le sens de l'odorat dans les ventricules du cerveau et pensant que les molécules odorantes y arrivent par les trous de la lame criblée, n'ad-

(1) *De instrumento odoratus*, cap. II et seq. — *De nervorum dissectione*, cap. II. — *De usu partium*, lib. VIII, cap. VI ; lib. IX, cap. I, VIII, IX.

mettait point de nerf spécial pour ce sens : aussi regardait-il les organes que nous nommons *nerfs olfactifs* comme n'étant autre chose que des espèces d'émonctoires destinés à transmettre à l'extérieur la pituite du cerveau. Une pareille hypothèse sur les usages de ces organes venait, sans doute, en partie de ce que Galien avait déjà reconnu leur cavité centrale chez les animaux soumis à son examen. A la fin du huitième siècle, le moine Protospatharios (1) émit, le premier, l'opinion que les nerfs olfactifs servent à l'odorat ; seulement il maintint l'hypothèse de Galien, et supposa que ces nerfs, tout en transmettant pendant l'inspiration les vapeurs odorantes au cerveau, donnent écoulement avec l'air expiré aux humeurs surabondantes de ce viscère. L'immortel Vésale (2) nia formellement ce dernier usage que, depuis Galien, tous les anatomistes accordaient à tort aux *processus mamillares* (nerfs olfactifs) ; il les regarda comme uniquement liés aux fonctions olfactives, et soutint avec raison que, chez l'homme, ils ne présentent aucune cavité. Enfin, lorsque, grâce aux travaux de Massa (3) et surtout à ceux de Schneider (4), on sut que les nerfs olfactifs se ramifient dans la muqueuse nasale, il n'y eut presque plus de doute sur leurs usages, et l'on s'accorda assez généralement à les regarder comme destinés à transmettre à l'encéphale l'impression faite par les odeurs sur la membrane pituitaire. Cependant cette doctrine eut encore Diemerbroeck (5) et Méry (6) pour opposants : ces auteurs, en niant la distribution des nerfs olfactifs dans la muqueuse du nez, leur refusèrent tout concours dans l'olfaction, et soutinrent de nouveau que leur principal et unique usage est d'évacuer les humeurs du cerveau. Ils s'écartèrent pourtant de l'opinion de Galien en ce qu'ils admirent des nerfs pour le sens de l'odorat, et, d'après eux, ces nerfs étaient des divisions de la cinquième paire.

Les idées de Diemerbroeck et de Méry n'avaient plus de partisans ; tous les physiologistes du siècle précédent et du nôtre affirmaient, avec Haller (7), que la *première paire* est, sans contredit, le nerf spécial de l'olfaction, lorsque Magendie (8) essaya, en 1824, de la déposséder encore de ses vraies attributions, pour confier de nouveau à la cinquième paire la transmission des impressions olfactives. S'il fallait en croire ce physiologiste, qui, en 1839 (9), n'est pas éloigné de « supposer qu'il peut se faire une sorte d'imbibition à travers la matière nerveuse du nerf olfactif, imbibition qui aurait pour résultat de livrer passage à quelques parcelles du liquide céphalo-rachidien, » nous n'aurions aucune donnée sur les usages des nerfs appelés à tort *olfactifs*, et il faudrait « les mettre dans la même catégorie que la glande pituitaire, la glande pinéale, le corps calleux, le septum lucidum, et tant d'autres parties du cerveau dont les fonctions nous sont complétement inconnues » (10).

Comme nous sommes loin de croire la science aussi peu avancée, sur ce point, que cet expérimentateur le suppose ; comme nous sommes persuadé, au contraire, de la réalité du rôle spécial de la première paire dans l'olfaction, nous allons essayer de faire partager notre conviction au lecteur, en relatant, d'une part, les argu-

(1) *De corporis humani fabrica*, lib. IV, cap. XII. In Fabricii *Biblioth. græc.*, t. XII, p. 865. Hambourg, 1740.
(2) *De corporis humani fabrica*. Bâle, 1543, lib. VII, cap. XI, p. 641.
(3) *Introd. anatom.*, cap. XXXIX, p. 87. Venise, 1536, in-4°.
(4) *De osse cribriformi*, etc. Wittemberg, 1655.
(5) *Anatome corporis humani*. Utrecht, 1672, t. II, p. 613.
(6) *Journ. des progrès de la méd.*, par Brunet, 1697.
(7) *Elementa physiol.*, t. IV, p. 206. Lausanne, 1766.
(8) *Journ. de physiol. expérim.*, t. IV, p. 169.
(9) *Leçons sur les fonct. du syst. nerv.*, t. II, p. 272.
(10) *Ibid.*, t. II, p. 281.

ments sur lesquels elle repose, et en appréciant, de l'autre, les expériences qu'on rapporte à l'appui du sentiment opposé.

« Il serait important, dit Magendie (1), en 1839, de voir si l'absence congéniale des nerfs olfactifs entraînerait ou non la perte de l'odorat : *Je ne sache pas que jamais ce cas ait été observé.* »

On pourra lire, dans mon *Traité d'anatomie et de physiologie du système nerveux*, t. II, p. 38 et suiv., que Schneider, Rolfinck, Magnenus, Fahner, Rosen-Muller, Cerutti, Valentin, et enfin Pressat, ont rapporté des cas d'absence congéniale des nerfs olfactifs, et que, dans tous, il y a eu *anosmie congéniale*. On y lira encore que Bonet, Morgagni, Baillou, Loder, Oppert, Serres, Vidal, Leblond, etc., ont constamment observé la perte de l'odorat après la compression ou la destruction morbide des nerfs olfactifs.

Magendie (2) cite, il est vrai, une observation qui lui fut communiquée par Béclard, et qui avait été recueillie par P. Bérard, à l'hôpital de la Pitié : il s'agissait d'une affection tuberculeuse du cerveau avec destruction des nerfs ethmoïdaux (olfactifs) et persistance de l'odorat, c'est-à-dire d'un fait en apparence concluant pour l'hypothèse dont nous examinons la valeur. Mais Bérard (3) s'est depuis empressé de déclarer que les renseignements sur la sensibilité olfactive du malade n'ont été pris qu'après l'ouverture du cadavre, et, ajoute-t-il, « *je suis convaincu qu'ils étaient fautifs.* »

Ainsi l'*anatomie pathologique* et l'*anatomie anormale* militent contre l'opinion qui voudrait déposséder la première paire de son rôle comme nerf de sensation olfactive.

L'*anatomie comparée* (4) démontre, comme l'ont établi surtout les recherches de Scarpa (5), que la finesse de l'odorat est proportionnelle au développement des nerfs olfactifs : on ne saurait en douter quand on les examine chez les raies, les squales, les oiseaux de proie, les échassiers, etc.

Cependant on a prétendu qu'en l'absence de ces nerfs, chez les cétacés, l'olfaction existait, et l'on a fait dépendre celle-ci de la cinquième paire. Là, tout est contesté ; car ceux-ci admettent et ceux-là nient l'existence des nerfs olfactifs ; les uns supposent que les cétacés odorent, les autres leur refusent toute faculté olfactive. Si Rudolphi (6), appuyé par Tiedemann (7), dit n'avoir pas rencontré la première paire dans le dauphin, la baleine et le narval, de Blainville et Jacobson (8), Treviranus (9) affirment l'avoir trouvée sur le *delphinus phocæna*, et de plus en ont donné des dessins ; H. Cloquet (10) a fait la même observation sur le *delphinus globiceps* ; enfin Cuvier (11) avance que dans les cétacés le nerf olfactif existe, « *seulement il est extrêmement petit ; et si ces animaux*, dit-il, *jouissent du sens de l'odorat, il doit être fort oblitéré.* » Carus (12) va plus loin que Cuvier, et refuse positivement l'odorat aux cétacés. Néanmoins, pour prouver qu'ils odorent,

(1) *Leçons sur les fonct. du syst. nerv.*, t. II, p. 180.
(2) *Journ. de physiol. expérim.*, t. V, p. 17.
(3) Art. OLFACTION du *Dictionn.* en 25 vol., t. XXII, p. 16.
(4) Voy. mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. II, p. 41. Paris, 1842.
(5) *Anat. disquis. de auditu et olfactu.* Pavie, 1789.
(6) *Grundriss der Physiol.*, t. II, p. 105.
(7) *Zeitschrift für Physiol.*, t. II, p. 261.
(8) *Bullet. de la Société philomat.*, déc. 1815.
(9) *Biolog.*, t. V, pl. IV.
(10) *Encyclop. méth.*, loc. cit., p. 483, et dans *Osphrésiologie*, 2[e] édition. Paris, 1821.
(11) *Règne anim.*, t. I, p. 276. Paris, 1817.
(12) *Traité élém. d'anat. comp.*, trad. de Jourdan, Paris, 1835, t. I, p. 435.

on a coutume de citer l'expérience du vice-amiral Le Peley (1), qui dit qu'à la côte de Terre-Neuve il est parvenu plusieurs fois à mettre en fuite les baleines qui inquiétaient ses pêcheurs, en faisant jeter à la mer des matières putrides. En admettant la réalité d'un pareil fait, il nous semble bien difficile de l'apprécier à sa juste valeur. Ainsi, d'un côté, il est loin d'être certain que les cétacés manquent de nerf olfactif, et, de l'autre, il n'est pas démontré qu'ils odorent; mais, dût-on leur accorder un sens olfactif rudimentaire, les anatomistes ne sont pas même d'accord sur le siége de ce sens.

Assurément, chacun reconnaîtra que ces données d'anatomie comparative sont trop conjecturales pour faire admettre que c'est la cinquième paire et non la première qui sert à l'olfaction.

Il est impossible, au contraire, de se refuser à l'idée que les nerfs olfactifs ont des usages relatifs à l'odorat, en voyant d'abord qu'ils sont exclusivement destinés à l'organe de ce sens, et que, de plus, selon la remarque de Sœmmerring (2), de Scarpa (3), etc., ils se répandent exclusivement dans la partie supérieure des fosses nasales, qui paraît être le siége exclusif de l'odorat : il importe d'ailleurs de noter que, dans les autres points de ces fosses qui ne jouissent pas de la faculté d'être impressionnés par les odeurs, mais seulement de la sensibilité générale, on ne rencontre que des divisions de la cinquième paire.

Plusieurs faits prouvent que l'olfaction ne s'effectue que dans la partie la plus élevée des fosses nasales. Faites pénétrer à une certaine profondeur, dans l'une de vos narines, un tube de verre que vous tiendrez horizontalement au-dessus d'une substance odorante, puis, la bouche et l'autre narine étant closes, aspirez; l'olfaction sera nulle, à moins qu'il ne s'agisse d'une odeur pénétrante et très expansible. Rendez, au contraire, la direction du tube verticale, et la sensation sera vive, parce que l'air chargé d'odeur ira impressionner la portion supérieure de la pituitaire, où s'épanouissent les nerfs olfactifs.

Le nez forme une sorte d'auvent destiné en partie à diriger les odeurs *vers la partie supérieure des fosses nasales*. Aussi l'importance du nez se démontre-t-elle par l'abolition ou l'affaiblissement de l'odorat chez ceux qui ont perdu cet organe accidentellement ou à la suite d'une maladie, et par la possibilité de rétablir la fonction à l'aide d'un nez artificiel.

Puisqu'il n'y a que les points de la pituitaire recevant des divisions du nerf olfactif qui soient impressionnables aux odeurs, force est bien d'admettre que ce nerf est spécialement destiné à l'olfaction.

Tels sont les nombreux arguments que nous regardons comme suffisants pour maintenir cette ancienne opinion, la seule vraie, la seule conforme aux faits anatomiques et pathologiques.

Mais quelle est la valeur des expériences sur lesquelles se fonde la doctrine opposée qui confie à la cinquième paire le rôle que nous attribuons à la première?

En 1824, Magendie (4), confondant les sensations tactiles des narines avec les sensations olfactives, s'énonce ainsi : « Je pris le parti de détruire entièrement les

(1) *Buffon*, édit. de Sonnini, *Histoire des cétacés*, p. 97.

(2) *De basi encephali et origin. nervorum*, etc., dans *Script. nevrol.* de Ludwig, t. II, p. 46.

(3) *Anatom. annot.*, lib. II, *de organo olfactus*, etc. Pavie, 1785; et *Anatom. disquisit. de auditu et olfactu*. Pavie, 1789.

(4) *Journ. de physiol. expérim.*, t. IV, p. 170-171.

nerfs olfactifs, bien persuadé d'abolir complétement l'odorat. Quelle fut ma surprise, en examinant le lendemain l'animal (chien), de le trouver *sensible aux odeurs* fortes que je lui présentai (l'ammoniaque, l'acide acétique, etc.)! La sensibilité de l'intérieur de la cavité nasale n'avait rien perdu de son énergie; l'introduction d'un stylet avait le même résultat que sur un chien intact... Un canard auquel j'avais enlevé les hémisphères cérébraux (par conséquent les nerfs olfactifs) survécut huit jours en présentant divers phénomènes curieux. Il avait, entre autres singularités, *conservé l'odorat* pour les odeurs fortes..... Pour bien m'assurer du fait, je détruisis sur plusieurs autres animaux les nerfs olfactifs, et les résultats furent exactement semblables. »

Bien des fois j'ai constaté aussi combien étaient sensibles à l'action de l'ammoniaque ou de l'acide acétique des pigeons qui avaient survécu plusieurs semaines à l'ablation des lobes cérébraux et des nerfs olfactifs : je les ai vus, à l'approche de ces substances, éternuer, se frotter les narines avec leurs pattes, etc. Mais, ne trouvant là rien que de très ordinaire, j'avais garde de conclure, avec Magendie, que ces animaux eussent *conservé l'odorat* pour les odeurs fortes ; car, en réalité, ils avaient seulement conservé, vu l'intégrité de la cinquième paire, la sensibilité générale de leurs narines : d'où les mouvements réactionnels qu'ils exécutaient , d'où encore le clignement quand on approchait, à une certaine distance de leur conjonctive, les vapeurs acétiques ou ammoniacales (1).

C'est pourtant par de semblables indices que Magendie avoue « avoir été mis sur la voie de soupçonner que les branches que la cinquième paire envoie dans les fosses nasales étaient les organes par lesquels la *sensibilité olfactive* se maintenait après la destruction des nerfs de la première paire » (*loc. cit.*, p. 171). Or, cherchez-vous dans cet auteur la preuve expérimentale de son assertion, vous lisez avec surprise, quelques lignes plus bas, le récit d'une expérience qui d'abord n'est qu'insignifiante, mais qui bientôt devient démonstrative dans un sens précisément opposé au dire de l'expérimentateur. Après la destruction des nerfs olfactifs chez un chien braque, « j'ai voulu , dit Magendie (2), m'assurer s'il reconnaîtrait l'odeur de la viande, du fromage, et en général des aliments. A cet effet, j'en ai enfermé des portions dans du papier et *je les ai présentées à l'animal ;* il a toujours *défait* le papier et s'est emparé des aliments. Mais dans d'autres circonstances il m'a paru manquer d'odorat pour trouver des aliments que je mettais près de lui *à son insu.* » Personne ne voudrait affirmer que, parce que cet animal *défaisait* le papier, il

(1) Eschricht (*De funct. primi et quinti paris nervor. in olfactorio organo.* Dans *Journ. de physiol. expérim.*, t. VI, p. 350) raconte que Magendie avait enlevé à un crapaud (*bufo*) tout le cerveau, et l'avait remplacé par une éponge. L'animal vécut ainsi pendant quatorze jours, et semblait assez bien se porter. Comme il ne lui restait aucun vestige de la première paire, on trouva que c'était une bonne occasion pour faire des expériences sur l'olfaction. Quand on lui approchait du nez un flacon d'ammoniaque, l'animal reculait, détournait la tête et se frottait le nez de ses pattes antérieures. Ayant répété cette expérience, Eschricht nous apprend que s'il approchait le flacon de l'anus, il voyait tous les mêmes phénomènes se produire en sens contraire. L'animal se précipitait en avant, les mouvements du sphincter étaient très rapides, et avec ses pattes il se frottait l'anus, comme auparavant il s'était frotté le nez : « *Quoties ano lagenam admovi , ea dua phenomena, sed contraria directione apparebant : prorsum animal procurrebat, celerrimus erat sphincteris motus ; et quomodo anterior pes antea nasum, ita posterior anum palpabat.* » Si l'on osait conclure des expériences de Magendie que l'animal a réellement *conservé l'odorat* pour les odeurs fortes, on devrait logiquement tirer la même conclusion de cette dernière expérience d'Eschricht. Mais chacun voit bien que, dans tous ces cas, il ne peut s'agir que de l'influence de l'ammoniaque sur la sensibilité générale, et non sur l'odorat.

(2) *Loc. cit.*, p. 171.

odorait les aliments qui y étaient contenus; car il est assez habituel au chien affamé de faire la même chose des morceaux de papier roulés qu'on lui présente, dussent-ils ne contenir aucun aliment. Mais, dans cet expérience, il est dit que l'animal paraissait manquer d'odorat pour trouver les aliments déposés près de lui *à son insu* : est-ce de cette manière que l'on espère prouver que « la *sensibilité olfactive* se maintient, après la destruction des nerfs de la première paire, par les filets de la cinquième ? » Il faut bien le croire, puisqu'on cherche vainement d'autres expériences du même auteur à l'appui de cette assertion paradoxale.

L'expérience précédente supposée bonne, il fallait nécessairement la contre-épreuve, c'est-à-dire couper la cinquième paire dans l'intérieur du crâne (1), et abolir ainsi la faculté olfactive. Or Magendie (2) « voyant les animaux auxquels il fait respirer de l'ammoniaque et de l'acide acétique rester impassibles après la section de la cinquième paire, » en conclut que « *l'odorat*, relativement aux odeurs fortes, *est exercé par les branches de la cinquième paire.* » Cette conclusion est bien loin d'être rigoureuse, car il ne faut point perdre de vue que l'ammoniaque et l'acide acétique agissent à la fois sur la sensibilité générale de la pituitaire comme substances caustiques, et sur sa sensibilité spéciale comme substances odorantes ; qu'en coupant la cinquième paire on neutralise seulement leur action énergique sur la première, sans modifier d'abord en rien leur action sur la seconde : or, qui vous apprendra qu'alors, comme simples odeurs, ces substances doivent encore faire naître des impressions assez vives, assez désagréables, chez les animaux, pour qu'ils ne demeurent point impassibles ? A cause de leur impassibilité, serez-vous donc en droit d'en conclure que réellement les animaux n'odorent plus ? De semblables expériences sont donc loin de démontrer que l'olfaction se supprime instantanément avec l'influence de la cinquième paire ; elles prouvent seulement, ce que d'ailleurs personne ne conteste, que la section de cette paire nerveuse annule aussitôt le tact de la muqueuse nasale.

Non content de ces expériences, auxquelles, selon nous, on a donné une fausse interprétation, on a voulu encore invoquer la pathologie pour établir que *l'odorat est réellement exercé par la cinquième paire* ; et une observation de Serres (3) a été citée, par beaucoup d'auteurs, comme un cas de dégénérescence du trijumeau droit *avec perte de l'odorat* dans le côté correspondant. Comment se fait-il qu'à la page 80 (*ouv. cit.*) je lise le passage suivant : « Je fis observer ensuite que dans toutes les expériences la membrane pituitaire avait paru insensible, quoiqu'on l'eût irritée avec un stylet ou les barbes d'une plume promenées en divers sens dans la *narine droite. Toutefois l'odorat n'y avait pas complétement disparu*, puisque le malade avait senti les potions éthérées, puisqu'il avait été affecté par l'ammoniaque liquide ! » Cette observation est donc loin de confirmer l'opinion de Diemerbroeck, de Méry et de Magendie, opinion erronée que ne sauraient établir ni les expériences, ni les faits pathologiques.

Toutefois, la cinquième paire, qui préside à la sensibilité générale de la membrane pituitaire, peut aussi exercer une certaine influence sur la perception des odeurs, sans être destinée, comme on l'avance, à en transmettre l'impression à

(1) On pourra voir (art. CINQUIÈME PAIRE) que Fodéra fit la section intra-crânienne de la cinquième paire, une année avant Magendie.

(2) *Loc. cit.*, p. 173.

(3) *Histoire d'une altération organique du nerf trijumeau*, etc., dans *Anatomie comparée du cerveau*, etc., t. II, p. 67. Paris, 1827.

l'encéphale. En effet, nous verrons plus loin (1), que cette paire nerveuse influence la sécrétion du mucus nasal, et qu'elle entretient la muqueuse du nez dans l'état d'intégrité nécessaire au maintien de la sensibilité olfactive.

Nerf optique.

Si aucun physiologiste n'hésite à croire que le nerf optique soit chargé de transmettre les impressions visuelles, ce que démontrent surabondamment les expériences, la pathologie et l'anatomie comparée, tous ne veulent point admettre cette proposition : *le nerf optique est le nerf exclusif de la vision, et nul autre ne peut le suppléer dans sa fonction spéciale.* En effet, on a pensé que, dans divers animaux, chaque nerf de sensation spéciale, le nerf optique en particulier, pouvait être remplacé par des rameaux de la cinquième paire. Nous avons déjà combattu cette opinion dans nos considérations générales sur les sens.

Un fait qui excite à la fois l'étonnement et l'intérêt est celui-ci : on peut, sur l'animal vivant, pincer, cautériser, couper, détruire de toutes les manières le nerf optique, sans donner lieu à la moindre sensation douloureuse : qu'on le prenne avant ou après son entrecroisement, il paraît complétement *insensible* dans toute sa longueur.

Ch. Bell (2), qui le premier a noté l'insensibilité du nerf optique aux irritants mécaniques, a prouvé que la rétine, considérée comme son épanouissement terminal, est insensible à ces mêmes agents. Magendie (3) a confirmé cette opinion. « Il y a environ quatre mois, dit ce physiologiste, qu'on amena au bureau central des hôpitaux une femme affectée de deux cataractes mûres, et qui désirait vivement d'être opérée ; je voulus en même temps satisfaire à son vœu et au grand désir que j'avais de m'assurer si la rétine a cette exquise sensibilité sur laquelle les physiologistes et les métaphysiciens ont tant insisté..... Je dirigeai l'aiguille vers le milieu du fond de l'œil, et je touchai très légèrement la rétine : la femme ne donna aucun signe de sensibilité. Je répétai cette tentative cinq ou six fois, et le résultat fut toujours le même. Je répétai cette observation sur un homme : je touchai à diverses reprises la rétine ; le malade n'en fut instruit par aucune sensation. Le contact de l'instrument et même les piqûres que j'ai faites sur cet homme à la rétine n'ont point empêché l'opération de réussir complétement. »

Beaucoup de chirurgiens, en pratiquant l'ablation du globe oculaire, ont aussi reconnu l'insensibilité du nerf optique. Toutefois, il faut bien se rappeler que celui-ci est entouré de quelques filets venus directement du rameau nasal, et ne pas rapporter la sensation douloureuse que leur division doit occasionner à la section du nerf optique lui-même.

Dès que ce nerf est coupé, chez un animal, la pupille se dilate ; elle demeure immobile lorsque, prenant le soin de fermer l'œil sain, on place l'animal devant la lumière la plus vive. Irrite-t-on le *bout oculaire* du nerf optique, on n'observe aucun mouvement dans l'ouverture pupillaire, qui, au contraire, se meut d'une

(1) *Fonct. du nerf trijumeau.*

(2) *Idea of a new anatomy of the brain*, p. 35. London, 1811. Dans *Narrative of the discoveries of Ch. Bell in the nervous system, by* ALEX. SHAW, p. 223 et suiv. London, 1839.

(3) *Journ. de physiol. expérim.*, t. IV, p. 312 ; t. V, p. 37.

manière apparente si l'irritation porte sur le *bout encéphalique*. En reproduisant sur des chiens et des lapins ces effets, obtenus pour la première fois sur des pigeons par Herbert-Mayo (1), j'ai pu noter d'abord qu'ils sont loin de succéder régulièrement à chaque excitation ; que, de plus, tantôt il y a contraction simultanée des deux iris, et tantôt contraction limitée à l'iris de l'œil qui correspond au nerf optique excité.

Néanmoins, j'ai vu le plus ordinairement l'iris de chaque œil se mouvoir à la suite de l'excitation d'un seul nerf optique ; j'ai fait aussi la même remarque en excitant, chez des pigeons, un seul des tubercules bijumeaux. Déjà Flourens (2) avait observé que « l'irritation d'un tubercule excite les contractions de l'iris opposé. »

J'ai coupé, à droite, le nerf moteur oculaire commun, après avoir d'abord divisé le nerf optique correspondant ; et, en pinçant à diverses reprises la portion de celui-ci qui tenait à l'encéphale, je n'ai plus aperçu, avec Herbert-Mayo (3), aucune contraction de l'iris droit ; mais ce que cet expérimentateur n'a pas noté, c'est que l'iris gauche continue de se mouvoir sous l'influence des excitations mécaniques portées sur le bout cérébral du nerf optique droit. Pour donner l'explication de ces curieux phénomènes, il faut rappeler et établir quelques faits préalables.

L'influence mécanique d'un coup ou d'une pression sur l'œil provoque la sensation de la lumière et des couleurs. Personne n'ignore qu'en comprimant soi-même l'œil, après l'avoir fermé, on détermine l'apparition d'un cercle de feu, et qu'à l'aide d'une pression moins forte on provoque celle de couleurs qu'on peut même transformer les unes dans les autres. L'espèce d'éclair qu'on aperçoit en pressant brusquement le globe oculaire, et qui n'est qu'une lumière subjective impropre à faire distinguer les objets dans l'obscurité, dépend de l'irritation mécanique du nerf optique ; car, comme je l'ai déjà fait observer, au rapport de plusieurs chirurgiens, la section de ce nerf, dans l'extirpation de l'œil, fait apercevoir au malade des masses considérables de lumière. J'ai pris à ce sujet quelques informations, desquelles il résulte qu'à la vérité ce phénomène ne s'observe pas d'une manière constante durant ces sortes d'opérations; mais de pareils résultats ne viennent nullement contredire l'assertion précédente, attendu que, dans les cas où l'ablation de l'œil est indiquée, le nerf optique lui-même a subi souvent une dégénérescence telle qu'il n'est plus apte à provoquer aucune sensation de lumière.

Si donc le pincement, la section, etc., du nerf optique, donnent lieu, chez l'animal, à une vive sensation lumineuse, on comprendra facilement, d'après ce qui a lieu dans l'état normal, qu'à l'irritation du bout cérébral d'*un* nerf optique succèdent des contractions, non pas seulement de l'iris correspondant, comme le dit Herbert-Mayo, mais de l'iris des deux yeux à la fois, comme nous l'avons observé. Nous proposons la même explication pour rendre compte des effets analogues que nous avons constatés, en irritant *un seul* tubercule bijumeau. Alors aussi une lumière subjective impressionne fortement l'animal, d'où les mouvements simultanés des deux ouvertures pupillaires que nous avons aperçus dans nos expériences. On n'obtient d'ailleurs rien de pareil en agissant sur les couches optiques, les lobes cérébraux, etc., ce qui, rappelons-le, nous confirme dans l'opinion que les tubercules indiqués, *bijumeaux* ou *quadrijumeaux*, selon la classe de vertébrés,

(1) *Journ. de physiol. expérim.*, t. III, p. 349.
(2) *Rech. expér. sur le syst. nerv.*, p. 152. Paris, 1824.
(3) *Loc. cit.*

font réellement partie intégrante de l'appareil nerveux de la vision. Quant à la section d'un nerf moteur oculaire commun, qui empêche aussitôt l'iris correspondant de se contracter, lors même qu'on irrite le bout périphérique ou le bout cérébral du nerf optique du même côté, cela s'explique facilement, puisque le moteur oculaire commun, par l'intermédiaire du ganglion ophthalmique, est le seul nerf qui préside directement aux mouvements de la membrane iris; mais, dans ce cas, la sensation lumineuse ne s'en développe pas moins quand on pince, sur le nerf optique coupé, le bout qui tient au cerveau : aussi, l'iris encore mobile de l'œil opposé doit-il, comme à l'état ordinaire, rendre manifeste cette sensation par des mouvements de la pupille, ce qui a eu lieu en effet chez les animaux que nous avons observés.

Quelques-unes des précédentes expériences sont donc propres à faire supposer qu'indépendamment des nerfs optiques, les tubercules de ce nom sont susceptibles d'éprouver les sensations spéciales et propres au sens de la vue. On sait d'ailleurs que la paralysie complète de la rétine ne détruit point la possibilité d'images lumineuses dues à des causes internes. Un homme, chez lequel l'un des yeux n'existait plus, et que Humboldt galvanisait, n'en éprouvait pas moins de ce côté des sensations lumineuses. Lincke (1) nous apprend qu'un malade, auquel on avait pratiqué l'extirpation du globe oculaire, vit pendant quelques jours toutes sortes de phénomènes lumineux subjectifs, qui le tourmentèrent au point de faire naître en lui l'idée qu'il les voyait réellement sous ses yeux.

Quant à l'usage du mode d'entrecroisement particulier aux nerfs optiques, diverses hypothèses ont été émises. Selon Wollaston (2), cet entrecroisement sert à la *vue simple* avec deux yeux, en même temps qu'il nous révèle, pour ainsi dire, le mécanisme de l'hémiopie, affection dont ce savant avait été atteint. Dans son opinion, chaque nerf optique, pris d'abord en arrière du chiasma, est supposé se diviser, en ce point, en deux parties égales, l'une allant *directement* former la moitié externe de la rétine de son côté, l'autre marchant obliquement, au contraire, vers la moitié interne de la rétine du côté opposé : or, comme l'objet visible qui frappe le côté externe de l'une des rétines, frappe nécessairement l'interne de la rétine opposée, Wollaston en conclut que nous voyons l'objet simple, parce que nous le voyons par un seul nerf, et que, dans l'hémiopie, tout un côté du champ visuel des deux yeux demeure inactif, par la raison qu'en arrière du chiasma un nerf optique tout entier reste dans l'inertie.

On ne peut guère admettre que l'entrecroisement partiel des nerfs optiques aide, comme on l'a supposé, à confondre en une seule les sensations des deux yeux; car cette fusion est évidemment une opération intellectuelle. Les appareils de l'ouïe ne croisent point leurs nerfs, et pourtant n'en apprécient pas moins l'unité d'un son. De plus, puisque la moindre déviation de l'un des axes optiques nous fait voir double, les sensations des deux yeux ne sont donc point organiquement confondues dans le chiasma.

Dugès (3), avec d'autres physiologistes, croit que la décussation est partielle et non totale dans les vertébrés supérieurs, afin que chaque œil, même isolément

(1) *De fungo medullari*, etc. Lipsiæ, 1834.

(2) *Philosoph. Transact. of the roy. Societ. of London for the year* 1824, p. 1. Dans *Arch. gén. de méd.*, 1[re] série, t. VII, p. 566.

(3) *Loc. cit.*, p. 297.

impressionné, intéresse dans ses opérations les deux moitiés de l'encéphale; et afin que, dans le cas d'impressions simultanées, le *sensorium* puisse doubler, ou à peu près, l'intensité des perceptions, en rendre l'appréciation plus vive, plus rapide : en même temps, la fusion des deux impressions reçues à la fois lui semble devoir être plus facile.

On ne sait point encore positivement pourquoi les nerfs optiques s'entrecroisent, et il n'est guère possible, jusqu'à présent, de saisir les relations qui existent entre cette disposition anatomique et la fonction visuelle. D'ailleurs, ces relations seraient beaucoup moins importantes qu'on n'est porté à le croire, si toutefois on admettait comme exactes l'observation de Vésale (1) et celles de Valverda (2) et de Loesel (3) qui disent avoir connu des personnes douées d'une vue parfaite, chez lesquelles les nerfs optiques ne s'entre-touchaient même point.

Si les impressions visuelles extérieures sont incontestablement transmises à l'encéphale par les nerfs optiques, si les tubercules bijumeaux ou quadrijumeaux paraissent liés à l'exercice de la vision, connaît-on le centre perceptif auquel doivent arriver ces impressions pour être élaborées et pour laisser des traces et des souvenirs durables? Cette importante question a été examinée quand nous nous sommes occupé de l'étude physiologique de l'encéphale.

Nerf auditif.

Ce nerf a pour mission de conduire jusqu'au centre perceptif les impressions auditives : mais l'anatomie comparée, les expériences et la pathologie nous apprennent que ses différentes branches n'ont pas une égale importance, et que la *branche vestibulaire* est la plus essentielle à l'audition. Ne doit-on pas, en effet, regarder le vestibule comme la partie la plus importante du labyrinthe, puisque c'est celle qui reste la dernière, et, en définitive, celle à laquelle se réduit l'oreille? Après le vestibule, toutes les autres parties sont comme accessoires ou comme des organes de recueillement, de renforcement et de perfectionnement. Dans les crustacés et les mollusques, où l'organe de l'ouïe est encore apercevable, et même dans les poissons cyclostomes, on ne trouve plus qu'une petite poche contenant un peu de liquide et un corps lapilliforme : cette poche est l'analogue du vestibule chez les animaux supérieurs, et le nerf qui s'y distribue représente seulement la branche vestibulaire du nerf auditif.

Des expériences dans lesquelles il avait successivement enlevé les divers compartiments de l'oreille interne et détruit, par conséquent, les nerfs qui s'y distribuent, Flourens (4) a conclu que « la partie la plus essentielle à la fonction auditive est évidemment l'*expansion nerveuse du vestibule*. C'est même, à la rigueur, ajoute ce physiologiste, la seule partie indispensable; car toutes les autres peuvent être ôtées, et pourvu que celle-la subsiste, l'audition subsiste. »

L'analyse expérimentale se montre donc ici parfaitement d'accord avec l'analyse naturelle offerte par l'anatomie comparée.

Valsalva et Kranitz, au rapport d'Esser (5), citent des cas d'absence ou de des-

(1) *De corp. hum. fabric.* Bâle, 1543, lib. IV, cap. IV, p. 325.
(2) *De sedib. et caus. morb.*, epist. XIII, n° 7.
(3) *De renib.*, p. 59, — cité par Haller dans *Elem. physiol.*, t. V, p. 348.
(4) *Recherches sur les conditions fondamentales de l'audition et sur les diverses causes de la surdité.* — Mémoire communiqué à l'Académie des sciences le 27 décembre 1824.
(5) *Mém. sur les fonct. des diverses parties de l'organe auditif*, analysé par Breschet.

truction du limaçon et de la *branche limacéenne* du nerf auditif, chez l'homme, sans que la faculté d'entendre et même de distinguer les divers sons ait été détruite.

Les physiologistes ne possèdent point, jusqu'à présent, de données positives pour savoir quelles sont les attributions distinctes des deux branches du nerf auditif : ils savent seulement qu'à l'une est confié un rôle plus directement lié à l'audition en général.

On a déjà vu plus haut que ce nerf est insensible aux irritations mécaniques, c'est-à-dire qu'on peut le diviser, le détruire chez les animaux, sans provoquer la moindre sensation douloureuse.

En faisant agir l'électricité sur les nerfs auditifs, on peut donner lieu à des sensations auditives : à ce propos, nous avons déjà rapporté l'expérience dans laquelle Volta, ayant compris ses oreilles dans la chaîne d'une pile de quarante couples, entendit un sifflement et un bruit saccadé pendant tout le temps que la chaîne demeura fermée ; nous avons également cité une expérience analogue de Ritter.

Les excitations du nerf auditif peuvent, en outre, déterminer d'autres sensations remarquables dans certaines régions du corps et produire quelques mouvements réflexes. Un bruit violent produit, chez tous les individus, le cillement des paupières. Les sensations qui succèdent à des impressions auditives sont principalement tactiles. Chez ceux dont le système nerveux est très impressionnable, un son inopiné est parfois suivi d'une sensation tactile désagréable, comme celle qui résulte d'une commotion électrique dans le corps entier. Certains bruits, celui de la lime, en particulier, appliquée au fer, provoquent chez beaucoup d'individus une sensation très pénible dans les dents ou un frisson de tout le corps. Certains hommes sont sujets à ce que la salive leur vienne à la bouche quand ils entendent des sons aigus.

On a avancé que le nerf auditif pouvait être suppléé par la cinquième paire : nous savons déjà quelle est la valeur de cette assertion.

Les altérations morbides limitées au seul nerf auditif sont bien rares : presque toujours la lésion qui le paralyse agit sur les nerfs ou les organes voisins, de sorte qu'il serait inutile de rapporter ces nombreux exemples, dans lesquels, d'ailleurs, l'audition a été plus ou moins compromise. Haigthon (1) a trouvé quelquefois, chez les sourds-muets, le nerf auditif beaucoup plus petit qu'à l'état normal : ce fait a été observé plusieurs fois, entre autres par Silvius, Hoffmann et Arends ; Itard (2) l'a vu aussi, mais il pense que l'atrophie du nerf auditif est plus souvent l'effet que la cause de la surdité. « Les altérations organiques de ce nerf, dit Serres (3), produisent la perte de l'audition, de même que celles du nerf optique produisent la cécité. Celles que j'ai observées avaient produit une atrophie du nerf, ou une hypertrophie avec ramollissement considérable de sa substance dans le canal auditif ; deux fois je l'ai rencontré réduit en une matière pultacée d'un blanc jaunâtre. Je dois faire observer ici, par anticipation, que, dans les maladies organiques du plancher du quatrième ventricule, je n'ai pas toujours observé une diminution du sens de l'ouïe proportionnelle à l'altération morbide. »

(1) *Mem. of the med. Society*, t. III, p. 1.
(2) *Traité des maladies de l'oreille et de l'audition*. Paris, 1821, t. I, p. 392.
(3) *Ouv. cit.*, t. I, p. 453.

Nerfs Encéphaliques sensitifs.

Ayant déjà exposé (p. 15 et suiv.) les caractères communs aux nerfs de cette classe, dans laquelle je range les *portions ganglionnaires* du trijumeau, du glosso-pharyngien et du pneumo-gastrique, j'aborderai de suite, au point de vue physiologique, l'étude spéciale de chacun de ces nerfs.

Nerf trijumeau (1)

La question de savoir si les deux nerfs de la face, le trijumeau et le facial, sont appelés à remplir des fonctions distinctes, a été posée seulement par des physiologistes de notre siècle. Pour se convaincre de l'état de la science, sur ce point, au temps de l'immortel Haller, il suffit de lire ce qu'a écrit J.-F. Meckel (2) sur les usages de ces paires nerveuses. Alors on s'accordait à croire que l'une et l'autre présidaient à la fois à la sensibilité et aux mouvements de la face, et, partant, toute investigation physiologique ultérieure pouvait paraître sans but.

Bellingeri (3) est le premier qui, en 1818, ait eu l'ingénieuse pensée d'attribuer des usages différents à la cinquième et à la septième paire des nerfs encéphaliques. Malheureusement, la plupart de ses assertions sont entachées d'erreur : ainsi, il croit à tort que la sensibilité tactile de la face est due à l'influence du facial ; que la portion ganglionnaire du trijumeau fait contracter *involontairement* les muscles de la face, pour exprimer les diverses émotions de l'âme, telles que la joie, la tristesse, l'amour, la crainte, etc. ; qu'elle préside aux mouvements de l'iris, de la luette, du voile du palais et de la région supérieure du pharynx, parties, ajoute-t-il, qui ne jouissent que de mouvements involontaires et purement organiques. Au contraire, on doit tenir grand compte de ce que Bellingeri a écrit concernant l'influence de la cinquième paire sur les sécrétions. Quant aux deux observations pathologiques consignées dans son mémoire, évidemment il leur a donné une fausse interprétation, puisque l'une d'elles prouve que le trijumeau est un nerf de sentiment, et que l'autre ne démontre nullement que le facial serve à la sensibilité tactile de la face.

Cela posé, qui pourrait contester à Ch. Bell la gloire d'avoir introduit dans la science ces vérités nouvelles, que le facial a mission de faire contracter les muscles sous-cutanés de la face, et la portion ganglionnaire du trijumeau de transmettre à l'encéphale les impressions tactiles développées dans cette région ? Une pareille découverte, si féconde en applications à la pathologie et à la thérapeutique, n'est-elle pas d'ailleurs une conséquence naturelle des belles recherches que, dès 1811 (4), le physiologiste anglais avait faites sur les racines spinales, dont les postérieures lui parurent alors destinées à la sensibilité, et les antérieures au mouvement ? Toutefois l'opinion de Ch. Bell sur les attributions distinctes des deux nerfs de la face, émise en 1821 (5), offrit d'abord une certaine restriction : ce physiologiste avança, dans

(1) Il ne sera question de la racine motrice du trijumeau, désignée par Bellingeri et Eschricht sous le nom de *nerf masticateur*, qu'à propos des nerfs moteurs encéphaliques.

(2) *De nervis faciei. Mém. de l'Acad. des sciences de Berlin*, 1751, p. 19. — *De quinto pare nervorum.* Gœttingue, 1748 ; réimp. dans *Script. nevrol. min. de Ludwig*, t. I, p. 145. 1791.

(3) *Dissert. inaug. de nervis faciei; quinti et septimi nervorum paris functiones. Augustæ Taurinorum*, 1818. *Omodei Annali univ. di med.*, 1827, *febr. et marzo.* — *Journ. des progrès des sc. méd.*, t. IV, p. 24. 1827.

(4) *An idea of a new anatomy of the brain.*

(5) *Consult. Manual for the student of anatomy. by* John Shaw. London, 1821. — *On partial paralysis* du même auteur, dans *Transact. med.-chir.*, t. XII. — *Journ. de physiol. expériment.*, t. I, p. 384. 1821. — *Ibid.*, t. II, p. 66. 1822.

ses premiers mémoires, que les muscles des lèvres et des joues étaient mis en mouvement par des nerfs différents, suivant qu'ils servaient à l'expression de la face ou à la mastication ; il rapporta les mouvements du premier genre au facial, et les mouvements de ces parties relatifs à la mastication, à la cinquième paire. Assurément, c'était là une erreur, du reste *en partie* avouée plus tard par Ch. Bell lui-même, et facile à démontrer en coupant, chez un animal, la septième paire des deux côtés de la face : il devient alors évident que, quel que soit l'acte auquel les muscles des lèvres et des joues coopèrent, leur contraction est toujours mise en jeu exclusivement par cette paire nerveuse.

L'expérimentateur anglais avait coupé, chez l'âne, les divisions du trijumeau, seulement au niveau de leurs points d'émergence à la face : mais Fodéra (1), à la fin de 1822, pratiqua, sur des lapins, la *section intra-crânienne* du tronc entier de ce nerf, expérience à laquelle bientôt Magendie (2) s'empressa d'attacher son nom. Après cette section, Fodéra observa l'extinction de la sensibilité dans toutes les parties externes de la face, l'intérieur des narines, des joues, à la surface du palais, de la langue, etc.

Herbert-Mayo (3) publia aussi, la même année, ses recherches à ce sujet : il coupa, sur des pigeons vivants, la cinquième paire *dans le crâne*, et nota la perte du sentiment dans les régions auxquelles elle se distribue. Faisant allusion à d'autres expériences qu'il fit, chez l'âne, sur les branches de ce nerf, Herbert-Mayo assure, « que la section des sus et sous-orbitaires et du maxillaire inférieur, dans les endroits où ils sortent de leurs canaux pour se répandre sur la face, abolit *seulement* la sensibilité dans les parties correspondantes de cette région, tandis que la section du nerf facial paralyse les muscles de la face. » Puis, le même auteur rapporte un cas de lésion de la cinquième paire, qui lui avait été communiqué par Macmichael.

Cette observation est importante en ce que, une année avant les expériences de Magendie et l'observation confirmative de Serres, elle avait déjà démontré l'intervention nécessaire du nerf trijumeau pour entretenir les organes des sens dans leur intégrité matérielle et physiologique. En effet, le malade cité par Herbert-Mayo avait perdu, indépendamment de la sensibilité générale dans le côté gauche de la face, l'usage des sens du même côté ; *son œil était enflammé et la cornée ulcérée à sa surface ;* cet œil et les paupières correspondantes étaient immobiles; le *côté gauche de la face était œdémateux.*

Magendie (4), en 1824, reproduisit, sans la rapporter à son auteur, l'expérience de Fodéra dont, l'année précédente, il avait publié les résultats dans le tome III de son *Journal de physiologie*, c'est-à-dire qu'il coupa aussi le trijumeau, dans l'intérieur du crâne d'un lapin, de manière à ne pas compromettre la vie d'une manière immédiate. Comme Fodéra, il reconnut que toute sensibilité avait disparu du côté correspondant de la face, de l'intérieur du nez, etc.; et de plus il constata, comme on l'avait déjà fait chez le malade dont parle Herbert-Mayo (5), de graves lésions de nutrition dans le globe oculaire, l'immobilité de cet organe et des pau-

(1) *Journ. de physiol. expériment.*, t. III, p. 207.
(2) *Ibid.*, 1824, t. IV, p. 172.
(3) *Anatomical and physiological commentaries*, n° 1. London, 1822. — Extrait dans le *Journ. de physiol. expérim.*, t. III, p. 346 et suiv. 1823.
(4) *Journ. de physiol. expériment.*, t. IV, p. 176. 1824.
(5) Dans le même t. III du *Journ. de physiol. expériment.*, rédigé par Magendie.

pières qui le recouvrent ; enfin, dans un mémoire ultérieur, Magendie (1) signala l'influence fâcheuse de la section du trijumeau sur l'odorat, le goût et même sur l'ouïe.

Eschricht (2), Schoepf (3), Backer (4), etc., établirent aussi, par des expériences, les rôles différents du trijumeau et du facial : de plus, Eschricht démontra que le second n'est sensible qu'à cause de ses connexions avec le premier.

En traçant ce résumé historique, qui contient plusieurs faits importants sur lesquels nous reviendrons avec détail, nous avons voulu remplir un devoir, celui de rendre à chaque auteur le fruit de ses veilles et de son génie.

On sait déjà que tous les nerfs qui communiquent avec le faisceau postérieur de la moelle (5) sont exclusivement en rapport avec l'exercice de la sensibilité. Or, la grosse racine du trijumeau plonge dans ce faisceau médullaire qui, au niveau du bulbe, prend le nom de *corps restiforme ;* de plus, elle présente un ganglion (*G. de Gasser*) comme les racines spinales postérieures, et enfin sa répartition dans les enveloppes tégumentaires révèle un nerf de sentiment : l'induction et les données anatomiques tendent donc à établir un pareil rôle. Toutefois, ces données seraient insuffisantes sans les preuves fournies par l'expérimentation ; car des filets de la portion ganglionnaire du trijumeau s'arrêtant aussi dans l'épaisseur des muscles sous-cutanés de la face, de ceux de la langue, du globe oculaire, etc., on pourrait croire, si l'on oubliait que les muscles, pour l'exercice régulier de leur faculté motrice, ont besoin d'être sensibles, que ces filets président à leur contraction. On pourrait le croire, surtout si l'on s'en rapportait aveuglément à cette loi fausse, posée par quelques physiologistes, savoir : « que *la différence fonctionnelle des nerfs dépend de leur distribution dans tel ou tel organe ;* » qu'ainsi un nerf est conducteur du sentiment lorsqu'il plonge dans un organe sensible, et conducteur du mouvement toutes les fois qu'il se distribue à un organe contractile.

S'il en était ainsi, on devrait admettre que les *filets musculaires* de la grosse racine du trijumeau conduisent aux muscles le principe du mouvement, et, pourtant, des expériences péremptoires vont démontrer le contraire. C'est aussi en vertu de ces principes erronés qu'on a pensé que la cinquième paire pouvait, parfois, suppléer les nerfs de sensations spéciales, tels que l'optique, l'olfactif et l'acoustique ; opinion paradoxale que nous avons déjà combattue.

Pour démontrer que les *filets musculaires* de la portion ganglionnaire du trijumeau sont absolument incapables de provoquer *directement* des contractions et qu'ils ne recèlent en eux-mêmes aucune force nerveuse motrice, nous avons, sur le cheval et le chien, après avoir enlevé les lobes cérébraux et séparé le trijumeau de la protubérance annulaire, fait passer des courants électriques *seulement* dans sa grosse racine, en l'isolant de la racine grêle à l'aide d'une lame de verre (6) : jamais nous n'avons aperçu le plus léger mouvement de la face, de la langue, du globe oculaire, de l'iris, du voile du palais ni de la mâchoire inférieure. Des résul-

(1) *Même recueil*, t. IV, p. 302.

(2) *De functionibus septimi et quinti paris nervorum in facie propriis.* Copenhague, 1825. Dans le t. VI du *Journ. de physiol. expériment.*, p. 228.

(3) *Meckel's Arch.*, 1827, p. 409.

(4) *Commentatio ad quæstionem physiologicam*, etc. Utrecht, 1830.

(5) Racines spinales postérieures.

(6) Afin d'expérimenter plus commodément, on peut fendre l'espèce d'arcade que la dure-mère forme au-dessus de la dépression du rocher sur laquelle glisse le trijumeau.

tats également négatifs ont été obtenus, en agissant sur les nerfs sus et sous-orbitaires, sur le mentonnier, le temporal superficiel, le buccal pris au-devant du masséter, et enfin sur le lingual : au contraire, comme terme de comparaison, prenions-nous l'hypoglosse ou le facial, de suite on voyait éclater de vives contractions, soit dans la langue, soit dans les paupières, les narines, les lèvres et les joues; était-ce aussi la racine grêle du trijumeau (*nerf masticateur*) qui, dans le crâne, subissait l'influence du courant électrique, la mâchoire inférieure, d'abord abaissée, se rapprochait avec une certaine énergie de la supérieure.

Ces expériences comparatives donnent, par conséquent, des résultats analogues à ceux qui, déjà, ont été mentionnés à propos des deux ordres de racines spinales, et elles prouvent surtout que certains filets de la portion ganglionnaire du trijumeau peuvent aboutir aux muscles sans avoir mission de les faire contracter. Ces filets ne se rapportent qu'à la sensibilité particulière de la fibre charnue, et à sa nutrition normale (1) sans laquelle l'irritabilité musculaire ne saurait longtemps persister (2).

Si l'on excepte la peau qui recouvre la partie postérieure de la tête, la muqueuse qui tapisse la base de la langue, une partie du pharynx, les piliers du voile du palais, la trompe d'Eustache et la cavité du tympan (3), on sait que le trijumeau se distribue au reste des téguments cutanés et muqueux de la tête, en y comprenant les dents, les glandes salivaires, lacrymales, etc. Aussi la *section intra-crânienne* du tronc entier de ce nerf, comme Fodéra (4) l'a démontré, ne manque-t-elle point d'anéantir le sentiment dans toutes ces dernières parties.

Pour pratiquer cette section sur des lapins, j'emploie un instrument à tige d'acier, cylindrique, épaisse d'un millimètre et demi, longue de cinq centimètres, munie d'un pas de vis sur lequel chemine un curseur qui sert à délimiter d'avance la longueur exacte que, pendant l'opération, on doit donner à la tige elle-même, terminée par une très petite lame mince et tranchante : sur le manche, se trouve un point de repère qui indique la position de la lame engagée dans le crâne. Ayant d'abord, sur le crâne vide d'un lapin, mesuré l'étendue à franchir pour diviser le tronc de la cinquième paire à son passage sur le rocher, j'arrête le curseur au point convenable pour éviter la lésion de la protubérance ou du pédoncule cérébral; puis, sur l'animal vivant, l'instrument est introduit au-devant du conduit auditif externe dans une direction horizontale, de manière à former un angle droit avec la partie latérale de la face et à côtoyer la base du crâne. A peine la cinquième paire est-elle atteinte que des cris aigus se font entendre; alors on imprime à l'instrument, dont on élève un peu le manche, de légers mouvements de dedans en dehors, et la section du tronc nerveux s'effectue au milieu des plus vives douleurs.

Plusieurs accidents, que j'ai signalés ailleurs (5), peuvent compliquer cette opération délicate. Je rappellerai seulement ici qu'en appuyant avec un peu trop de force l'instrument sur la base du crâne, il m'est arrivé quelquefois, sur de jeunes lapins, de rompre le rocher et de trouver à l'autopsie le *facial* et l'*acoustique déchirés* ou

(1) Nous avons déjà vu que, d'après certains auteurs, il y aurait des fibres nerveuses spéciales appropriées aux actes nutritifs, qu'ils appellent fibres *grises* ou *organiques* : on les rencontre en grand nombre dans la cinquième paire.

(2) Voy. notre Mémoire intitulé : *Recherches expérimentales sur les conditions nécessaires à l'entretien et à la manifestation de l'irritabilité musculaire*. Paris, 1841.

(3) Arnold pense que des filets de l'auriculo-temporal, division du nerf trijumeau, se rendent à la muqueuse de cette cavité.

(4) *Loc. cit.*

(5) *Anat. et physiol. du syst. nerv.*, t. II, p. 159. Paris, 1842.

contus. Cet accident est certainement arrivé aux expérimentateurs qui ont prétendu que la section de la cinquième paire entraînait la perte immédiate de l'ouïe et la paralysie *absolue* de la face.

L'opération étant convenablement exécutée sur un seul nerf trijumeau, on ne manque jamais de constater l'anesthésie la plus complète dans tous les organes du côté correspondant qui reçoivent des rameaux de ce tronc nerveux : c'est ainsi qu'on peut pratiquer l'ablation du globe oculaire, arracher les dents et les poils, cautériser avec le fer rouge et détruire entièrement toute une moitié de la face, etc., sans que l'animal paraisse s'en apercevoir. Preuve incontestable que le nerf facial, d'abord intact, ne sert point à transmettre les impressions, et que ce rôle appartient exclusivement à la cinquième paire.

La section de cette paire nerveuse entraîne aussi, *dans les organes des sens spéciaux*, des lésions dont les unes sont immédiates, dont les autres sont plus tardives, dernière circonstance qui oblige à laisser vivre les animaux, après l'opération, au moins durant quelques jours. Nous allons passer successivement en revue les organes des sens, et noter ce qu'il advient de funeste à chacun d'eux, quand l'intervention de la cinquième paire est supprimée.

1° *Organe de la vue.* — On se rappelle que Fodéra, Ch. Bell et Herbert-Mayo (1) ont démontré, dès 1821 et 1822, que la *section intra-crânienne* ou les lésions morbides de la cinquième paire abolissent la sensibilité générale de cet organe ; on se souvient aussi de l'observation remarquable citée par Herbert-Mayo et consignée, en 1823, dans le *Journal de physiologie* de Magendie (2), observation dans laquelle une lésion du trijumeau gauche, chez l'homme, s'est accompagnée de l'immobilité de la pupille, des paupières et de l'œil correspondants, de l'inflammation de cet œil et de l'ulcération de la cornée.

Magendie (3), en 1824, eut l'occasion de faire des remarques analogues sur des lapins. Après la section intra-crânienne de la cinquième paire d'un côté, « le globe de l'œil, dit-il, semblait avoir perdu tous ses mouvements ; l'iris était fortement contracté et immobile (4) ; enfin l'œil semblait un œil artificiel placé derrière des paupières privées de mouvement. Après vingt-quatre heures, ajoute cet expérimentateur, la cornée commence à devenir opaque ; après soixante-douze heures, elle l'est beaucoup plus ; l'opacité augmente, et cinq ou six jours après la section elle est de la blancheur de l'albâtre. Dès le deuxième jour, la conjonctive rougit, paraît s'enflammer, et *sécrète* une matière puriforme, lactescente, fort abondante ; les paupières sont ou largement ouvertes et immobiles, ou bien elles sont collées par les matières puriformes qui sont desséchées entre leurs bords, et quand on vient à les écarter il s'écoule une assez grande quantité de la matière dont je viens de parler. Vers le deuxième jour qui suit la section, on voit aussi l'iris devenir rouge, ses vaisseaux se développent, enfin l'organe s'enflamme. Il se forme à sa surface antérieure de fausses membranes qui ont, comme l'iris, la forme d'un disque percé à son centre. Vers le huitième jour, la cornée s'altère visiblement ; elle se détache de la sclérotique par sa circonférence, et son centre s'ulcère. Au bout de deux ou trois jours,

(1) *Loc. cit.*
(2) T. III, p. 356.
(3) T. IV, p. 176 de son *Journ. de physiol. expérimentale*.
(4) Au contraire, la pupille se dilate chez les chiens et les chats.

les humeurs de l'œil troubles et en partie opaque s'écoulent, et l'œil se réduit à un petit tubercule. »

J'ai répété bien des fois, dans mes cours de vivisection, l'expérience dont il s'agit sur des lapins, et j'ai trouvé exactes les assertions qui précèdent : toutefois, le cristallin et l'humeur vitrée m'ont toujours paru avoir conservé une transparence parfaite, et l'immobilité, la constriction de la pupille n'ont été que temporaires.

La vue n'est jamais abolie que consécutivement à l'opacité de la cornée ; car, avant cette altération, *prenant le soin de fermer l'œil sain*, dirige-t-on vers la lumière solaire l'œil dépourvu de sensibilité générale, aussitôt il y a clignement. La faculté visuelle y est pourtant affaiblie, puisque j'ai reconnu que souvent le clignement ne s'y effectuait point par l'impression d'une lumière, d'ailleurs suffisante pour exciter ce mouvement dans l'œil intact. Mais je m'explique ce fait par la constriction extrême de l'ouverture pupillaire, qui ne laisse plus passer qu'un trop petit nombre de rayons lumineux pour produire une sensation assez vive : le lendemain de l'opération, la pupille s'est, à la vérité, élargie, mais déjà une teinte opaline s'est répandue sur la cornée, et alors l'affaiblissement de la vue persiste en vertu d'une autre cause qui, augmentant en intensité, frappera bientôt ce sens précieux d'une inertie absolue.

Un fait signalé, mais non expliqué par Magendie (1), et dont nous avons vérifié l'exactitude, c'est que les altérations de nutrition de l'œil, très apparentes quand on a coupé le trijumeau dans la fosse temporale et au niveau du ganglion semi-lunaire, se manifestent à peine quand on a pratiqué la section de ce nerf avant son passage sur le rocher et près de son origine : tantôt, chez l'homme, dans un grand nombre d'observations de lésions de la même paire nerveuse, la perte ou la perversion de la sensibilité générale de l'œil est seule survenue, sans aucun trouble de nutrition ou de sécrétion ; tantôt, au contraire, ce dernier trouble s'est montré de la manière la plus intense. Nous pensons que les effets observés, dans la première expérience, dépendent à la fois de la lésion du ganglion semi-lunaire, et de celle du grand sympathique qui, à ce niveau, offre avec ce ganglion et avec la branche ophthalmique des connexions nombreuses. Cette opinion nous paraît d'autant plus probable, que (comme l'avaient déjà vu Petit (2) et Molinelli (3)), en coupant sur des chiens la portion cervicale du grand sympathique d'un côté, nous avons aussi observé des troubles nutritifs dans l'œil correspondant, *ainsi que la constriction de la pupille*. Or, d'après les recherches de Chaussier et de Ribes (4), le rameau carotidien du ganglion cervical supérieur, après s'être anastomosé avec le ganglion semi-lunaire et la branche ophthalmique, envoie des filets nerveux qui, accompagnant les artères ciliaires et l'artère centrale de la rétine, pénètrent dans l'intérieur du globe oculaire ; Langenbeck (5) a même suivi quelques uns de ces filets jusque sur les divisions artérielles les plus volumineuses destinées à la rétine : on comprend donc d'abord que le grand sympathique puisse avoir de l'influence sur les actes nutritifs et sécrétoires de l'organe de la vue. Mais, de plus, les observations microscopiques ont démontré, dans le trijumeau, l'existence de nombreuses fibres dites *grises* ou *organiques* qui proviennent surtout du ganglion semi-lunaire, et

(1) *Journal de physiol. expériment.*, t. IV, p. 303. 1824.
(2) *Hist. de l'Acad. des sciences.* 1707.
(3) *Comment. instit.*, Bonon, t. III. 1755.
(4) *Mémoires de la Société médicale d'émulation*, t. VII.
(5) *De retina observationes anatomico-pathologicæ*, Gœttingue, 1836, in-4°. fig.

les observations pathologiques ont appris qu'en général de profondes altérations de nutrition se sont manifestées soit dans l'œil, soit dans les autres appareils de sens spéciaux, surtout quand le ganglion semi-lunaire était lui-même désorganisé. Comme le grand sympathique, ce ganglion peut donc aussi n'être pas étranger aux phénomènes de nutrition et de sécrétion qui s'accomplissent dans le globe oculaire.

Il semble, par conséquent, qu'il faille à l'œil un système nerveux particulier qui préside à ses fonctions nutritives, qui s'exerce par l'impression moléculaire des matériaux de la nutrition, et détermine la réaction des vaisseaux capillaires sur ces matériaux pour les arrêter ou les faire circuler : ce système nerveux paraît composé de renflements ganglionnaires et de fibres grises ou organiques bien distinctes des fibres blanches cérébro-spinales. Puisque, comme on l'a vu plus haut, l'observation des maladies tend à démontrer que ces deux ordres de fibres peuvent être affectés isolément ou simultanément, on conçoit qu'il y ait, tantôt seulement impossibilité à la transmission des impressions tactiles, et tantôt qu'il vienne s'adjoindre à cette lésion un dérangement nutritif capable d'annuler entièrement l'action de l'organe.

Quant à la sécrétion des larmes, quoique diminuée, elle ne m'a pas paru être complétement supprimée après la section intra-crânienne de la cinquième paire chez les lapins. Cette diminution de la sécrétion lacrymale n'est pourtant pas une cause qui puisse déterminer l'opacité de la cornée, puisque l'excision complète des glandes lacrymales ne donne point lieu à cette altération (1). On ne doit pas davantage faire dépendre l'opacité de la cornée de l'absence du clignement et du contact prolongé de l'air sur l'œil. En effet, sur des chiens, en rendant impossible le rapprochement des paupières, par la section du nerf facial, je n'ai vu que bien rarement la cornée devenir opaque (2). Dans trois de mes expériences, cet effet ne s'était même pas produit trois semaines après l'ablation des paupières, malgré une ophthalmie consécutive des plus intenses.

2° *Organe de l'odorat.* — Je crois avoir suffisamment combattu, en parlant des usages du nerf olfactif, l'opinion paradoxale qui considère le trijumeau comme destiné à transmettre les impressions olfactives. Toutefois, le concours de ce dernier nerf semble être utile à l'odorat, 1° pour entretenir dans la membrane pituitaire l'état d'intégrité organique nécessaire au maintien de la sensibilité olfactive; 2° pour influencer la sécrétion des mucosités nasales. Or, d'une part, ces mucosités jouent un rôle important dans l'olfaction, puisque, si la membrane pituitaire se dessèche sous une influence morbide, sa sensibilité spéciale est émoussée ou momentanément abolie, et que la même chose a lieu quand un coryza a modifié la sécrétion nasale dans ses qualités chimiques, au lieu de la suspendre; d'autre part, après la section ou la lésion morbide de la cinquième paire, la muqueuse nasale s'injecte fortement, devient comme fongueuse, saignante au moindre attouchement, et se trouve, en un mot, dans des conditions tout à fait pathologiques. Dès lors, il devient donc facile de comprendre que, par suite des altérations de la membrane olfactive et de son mucus, altérations déterminées par la suppression de l'influence du trijumeau, l'odorat soit aboli sans que pour cela on doive en conclure que ce nerf est impres-

(1) MAGENDIE, *Journ. de physiol. expériment.*, t. IV, p. 179. 1824. — DAVIEL, *Journal analytique de méd.*, fév. 1829. — MASLIEURAT-LAGÉMARD, *Arch. gén. de méd.*, janvier 1840.

(2) Ch. Bell a néanmoins observé, chez l'homme, des altérations graves de l'œil, après la paralysie du nerf facial. Dans *Exposé du syst. naturel des nerfs*, trad. de Genest, p. 89.

sionnable aux odeurs. Cependant, de même que, chez l'homme, on a observé des lésions de la cinquième paire sans trouble de la vision, de même aussi ces lésions n'entraînent pas toujours, avec la perte de la sensibilité générale, celle de l'odorat, et ne modifient pas toujours, d'une manière profonde, la vitalité de la muqueuse nasale. La même explication de ces différences, proposée plus haut pour l'œil, serait applicable à l'organe olfactif.

On pourrait objecter que les altérations de la pituitaire et du mucus nasal ne sauraient succéder assez immédiatement à la section du trijumeau, pour abolir instantanément la faculté olfactive; et pourtant l'abolition de cette faculté serait immédiate, selon Magendie : car, dit-il, des chiens et des lapins n'ont plus été impressionnés par l'ammoniaque, l'acide acétique, etc., aussitôt qu'il leur eut coupé la cinquième paire. Je répondrai à cette objection que l'ammoniaque, l'acide acétique, etc., agissent, dans ces expériences, à la fois sur la sensibilité générale de la pituitaire, comme substances caustiques, et sur sa sensibilité spéciale, comme substances odorantes; qu'en coupant la cinquième paire on neutralise seulement leur action énergique sur la première, sans modifier *d'abord* en rien leur action sur la seconde : or, qui vous dit qu'alors, comme simples odeurs, ces substances doivent encore faire naître des impressions assez vives, assez désagréables, chez les animaux, pour donner lieu à des signes de répugnance ou de douleur? Parce que ces signes manqueront, serez-vous en droit d'en conclure que réellement les animaux n'odorent plus? De semblables expériences sont donc loin de démontrer que l'olfaction se supprime instantanément avec l'influence de la cinquième paire; elles prouvent seulement, ce que d'ailleurs personne ne conteste, que la section de cette paire nerveuse annule aussitôt le tact de la muqueuse nasale. J'ai dit plus haut ce qu'il fallait penser de la prétendue persistance de l'odorat, après la complète destruction des nerfs olfactifs.

3° *Organe de l'ouïe.* — Du côté où l'on a pratiqué la section du trijumeau, il n'existe plus, à l'intérieur du conduit auditif externe, aucune trace de sensibilité; tandis que le pavillon de l'oreille conserve, en partie, la sienne qu'il doit encore à la présence du rameau auriculaire du plexus cervical. Le même rameau (*auriculo-temporal*) de la cinquième paire, qui préside à la sensibilité du conduit auditif et d'une partie du pavillon, enverrait, selon Arnold, des filets dans l'intérieur de l'oreille moyenne; mais, ne les ayant jamais vus, je suppose plutôt que la muqueuse qui tapisse ses parois, au moins l'interne, est sensible à cause du rameau tympanique du glosso-pharyngien. Quant à l'oreille interne, Arnold (1) admet l'existence d'un filet nerveux qui, provenant du ganglion otique ou de la cinquième paire et croisant le renflement gangliforme du coude du facial, passerait à travers l'orifice interne du canal de Fallope, s'anastomoserait avec le nerf acoustique et se ramifierait avec lui dans le labyrinthe : ce filet est assimilé par Arnold à celui qui, décrit par Tiedemann, et venu du ganglion ophthalmique, traverse le nerf optique et s'épanouit dans la rétine.

Des produits sécrétés, plus ou moins importants, se rencontrent dans chacune des grandes divisions de l'appareil auditif : le *cérumen*, dans l'oreille externe; le *mucus tympanique*, dans l'oreille moyenne; la *périlymphe*, l'*endolymphe*, les *otolithes*, l'*otoconie* (Breschet) (2), dans l'oreille interne : l'endolymphe et la péri-

(1) *Mémoire sur le ganglion otique*. Dans *Répert. génér. d'anat. et de physiol.*, t. VIII, 1829, p. 1.

(2) *Recherches anat. et physiol. sur l'organe de l'ouïe.*

lymphe semblent surtout être indispensables à l'audition. Les nerfs, qui tiennent sous leur dépendance ces diverses sécrétions, sont le trijumeau, pour le cérumen, et le glosso-pharyngien, pour le mucus de la caisse : ce qu'on observe, dans les trois autres organes de sens spéciaux, tend à faire supposer que la cinquième paire pourrait bien avoir de l'influence sur la sécrétion des liquides et des concrétions labyrinthiques. Dès lors, on pourrait soupçonner que la section ou la lésion pathologique de cette même paire dût compromettre l'audition ; et en effet, dans ces cas, on a prétendu que, comme la vue, l'odorat et le goût, l'ouïe était détruite.

Dans un premier mémoire, Magendie (1) s'énonce en ces termes : « Je crois avoir remarqué que la section de la cinquième paire entraîne aussi la perte de l'ouïe. » Dans un second mémoire (2), son langage devient plus affirmatif : « Une des conséquences les plus inattendues de cette expérience, est sans doute la perte de la vue, de l'odorat et de l'*ouïe*, qui suit *immédiatement* la section de la cinquième paire. »

Nous avons déjà démontré que cette *perte immédiate* de la vue et de l'odorat était une supposition toute gratuite : quant à l'assertion relative à l'ouïe, nous sommes suffisamment éclairés sur sa valeur, puisque Magendie lui-même (3) avoue naïvement que « les effets sur l'ouïe sont d'autant plus marqués que le nerf acoustique est *le plus souvent* coupé avec le nerf trijumeau. » Aucun physiologiste, que je sache, n'a révoqué en doute, après la section des nerfs acoustiques, la perte immédiate de l'audition.

Plusieurs fois, j'ai coupé les deux trijumeaux, sur des lapins, en étant assez heureux (comme l'autopsie le prouvait), pour ne pas léser les nerfs acoustiques ; et néanmoins, mes expériences n'ont avancé en rien la solution du problème, par la raison que ces animaux, avant comme après l'opération, sont presque toujours demeurés impassibles au milieu des détonations répétées d'une arme à feu.

La pathologie n'établit pas mieux la validité de l'opinion précédente (4).

De même que la vue n'est jamais abolie *immédiatement* après la section de la cinquième paire, mais consécutivement aux altérations qui surviennent dans les milieux de l'œil, de même nous pensons que la *perte immédiate* de l'ouïe ne saurait être la conséquence d'une pareille section : cependant, par analogie, nous pressentons cette perte fâcheuse arrivant d'une manière progressive et par suite de troubles dans les actes nutritifs et sécrétoires de l'appareil auditif, tout en avouant que jusqu'à présent il ne s'agit ici que d'une simple présomption.

Muller (5) repousse la plupart des assertions émises par Magendie, relativement à l'influence de la cinquième paire, dans les termes suivants : « Magendie dit avoir observé la cessation de presque toutes les fonctions sensoriales après la section du tronc du nerf trijumeau dans le crâne (*plus bas*)... Suivant moi, le nerf trijumeau n'exerce absolument aucune influence ni sur la vue, ni sur l'audition, ni sur l'olfaction. »

Les détails dans lesquels nous sommes déjà entré relativement à l'action de la cinquième paire sur la vue, l'odorat et l'ouïe, ceux auxquels nous renvoyons le lecteur et qu'il trouvera dans le chapitre qui traite des faits pathologiques (*ouv. cit.*), nous permettent de conclure que ces deux physiologistes ont été beaucoup trop

(1) *Journal de physiol. expérim.*, t. IV, p. 182.
(2) *Ibid.*, p. 305.
(3) P. 303, *deuxième mémoire*.
(4) Consultez, dans mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, les faits pathologiques relatifs au trijumeau, t. II, p. 169, 191 et suiv. Paris, 1842.
(5) *Physiologie du système nerveux*, t. I, p. 302 et 303. Trad. de Jourdan, Paris, 1840.

loin dans leurs assertions; l'un, en exagérant l'action du trijumeau sur les sens indiqués; l'autre, en la niant d'une manière absolue.

4° *Organe du goût.* — Pour déterminer le rôle du trijumeau dans la gustation, il importe d'abord de connaître d'une manière exacte le siége du goût. Les anciens physiologistes pensaient que tous les points de la muqueuse buccale étaient aptes à reconnaître les saveurs: mais des recherches récentes, entreprises par Vernière (1), par Guyot et Admyrauld (2), ont beaucoup limité le champ des surfaces gustatives. En portant, sur les diverses parties de la bouche, une petite éponge attachée à l'extrémité d'une mince tige de baleine et pénétrée de la substance savoureuse, Vernière a cru reconnaître que les lèvres, les joues, les gencives, la voûte palatine, le milieu et le dos de la langue sont complétement dépourvus de la sensibilité gustative; qu'au contraire, les points sensibles aux saveurs sont les côtés, la pointe, la face inférieure et la base de la langue, le voile du palais avec ses piliers, enfin le pharynx lui-même dans une partie de son étendue. Plus tard, Guyot et Admyrauld ont, dans des expériences ingénieusement combinées, isolé, des parties environnantes, l'extrémité antérieure de la langue, en l'engageant dans un sac de parchemin très souple et ramolli; ils ont ensuite appliqué aux lèvres, à la partie interne des joues, aux gencives, à la voûte palatine, diverses substances sapides, et, comme dans les expériences de Vernière, aucune saveur n'a été perçue. Mais ces physiologistes n'accordent la sensibilité gustative qu'à une portion du voile palatin et la refusent à la face inférieure de la langue, au pharynx et aux piliers du voile du palais. Ayant répété les expériences de Vernière sur moi-même et sur d'autres personnes, je suis arrivé à peu près aux résultats indiqués par cet auteur : seulement les saveurs, qui n'ont jamais été senties par la muqueuse qui revêt les glandes sublinguales et la face inférieure de la langue, ont impressionné celle qui recouvre sa face supérieure et moyenne; mais la sensation a été plus tardive qu'en appliquant la substance sapide à la pointe ou sur les bords de la langue. Dugès (3) a fait la même observation. J'ai toujours trouvé la sensibilité gustative très développée à la base de la langue et dans les piliers du voile du palais ; au contraire, tantôt elle a été nulle, comme sur moi-même, dans la portion horizontale de ce voile, et tantôt elle a été assez marquée sur la ligne moyenne. La luette, toute la voûte palatine, les lèvres, les joues et les gencives n'ont jamais donné lieu à la moindre sensation savoureuse. C'est à tort que J. Muller (4) avance qu'avec la muqueuse du palais on sent distinctement la *saveur* du fromage. Ce physiologiste a certainement confondu une sensation olfactive avec une sensation savoureuse : en fermant les narines, l'arome de cette substance ne saurait plus induire en erreur.

J'ai recherché le siége du goût chez quelques animaux supérieurs (lapins, chiens et moutons), en me servant le plus ordinairement d'une décoction aqueuse très concentrée de coloquinte : les signes de dégoût ne se sont manifestés que quand cette substance a été mise en contact avec la langue ou le pharynx. La difficulté, en expérimentant sur le palais, les gencives, les joues et les lèvres, consiste à fixer la langue. Quant aux mâchoires, on les maintient facilement écartées à l'aide d'un morceau de bois ou de liége arc-bouté entre les dents.

(1) *Recherches sur le sens du goût.* Dans *Journ. des progrès*, t. III et IV. 1827.

(2) *Mémoire sur le siége du goût chez l'homme.* Paris, 1830, in-8. et dans *Archives générales de médecine*, t. XIII, 2e série, 1837, p. 51.

(3) *Traité de physiol. comparée de l'homme et des animaux*, t. I, p. 131. Montpellier, 1838.

(4) *Physiol. du syst. nerv.* Trad. de Jourdan, t. I, p. 301.

Les résultats des expériences que nous venons de passer en revue s'accordent donc pour prouver que la sensibilité gustative se rencontre exclusivement dans les points où le lingual et le glosso-pharyngien distribuent leurs filets (1). En effet, on verra que c'est par son seul rameau lingual que le trijumeau transmet les impressions sapides, et qu'il partage cette importante fonction avec le nerf glosso-pharyngien.

Rappelons d'abord que le pincement et la section du lingual déterminent toujours, chez les animaux, une très vive douleur ; qu'après cette section, en appliquant les deux pôles d'une pile au bout périphérique de ce nerf, on ne produit pas le moindre mouvement de la langue ; tandis qu'en agissant de la même manière sur l'hypoglosse les contractions les plus manifestes éclatent dans cet organe. Quand les deux nerfs linguaux sont divisés, on peut cautériser avec le fer rouge ou la potasse caustique toute la muqueuse qui revêt les *deux tiers antérieurs de la langue*, sans que l'animal témoigne la plus légère souffrance : toutefois, en transperçant cette partie de l'organe avec une tige métallique chauffée à blanc, ou encore en la tenaillant avec force, les animaux m'ont toujours paru éprouver une légère sensation de douleur, que je crois devoir rapporter aux filets de sensibilité musculaire envoyés par l'hypoglosse aux muscles de la langue, filets que lui-même tire de ses anastomoses avec le plexus cervical.

Avec la sensibilité tactile, les deux tiers antérieurs de la langue ont perdu la faculté de reconnaître les saveurs les plus fortes, tandis que cette faculté et celle de sentir persistent en arrière, vers la base, ainsi que dans les piliers du voile du palais et dans le pharynx, c'est-à-dire dans des points où se distribue le nerf glosso-pharyngien. Dès 1823, cette distinction est bien établie par une observation que rapporte Herbert-Mayo (2). Dans ce cas, les fonctions du trijumeau gauche sont suspendues, et l'on constate que « la langue du côté gauche a perdu *en avant* la faculté de goûter et celle de sentir... pendant que la surface gauche *de sa base* est sensible au toucher et aux saveurs... Une sonde, appliquée du même côté, détermine des nausées et des efforts de vomir. »

Cette observation et les expériences précédentes, unies à d'autres observations et à d'autres expériences que je signalerai en parlant du glosso-pharyngien, démontrent qu'il n'y a point de nerf spécial et unique de la gustation ; que le glosso-pharyngien et le rameau lingual y contribuent, chacun pour sa part ; que l'un complète l'autre, aussi bien pour la sensibilité générale que pour la sensibilité gustative de la langue.

Tous les physiologistes ne partagent point cette opinion. Selon Panizza (3) « le résultat immédiat de la division des glosso-pharyngiens est la *perte absolue du goût*, sans lésion ni de la sensibilité tactile, ni des mouvements de la langue ; et l'excision du nerf lingual, de chaque côté, ne fait disparaître que la *sensibilité tactile* dans *tout* cet organe. » En étudiant les usages du glosso-pharyngien, nous prouverons, par des expériences, que les assertions du professeur de Pavie sont mal

(1) Debrou (*Thèse inaug.*, août 1841) ayant décrit des filets du glosso-pharyngien qui iraient à la portion horizontale du voile du palais, il est permis de supposer que ces filets président à la sensibilité gustative de cette partie, sensibilité qui, certainement, n'existe point d'une manière appréciable chez tous les individus.

(2) *Anatomical and physiological Commentaries*, etc. London, 1823. Extrait dans *Journ. de physiol. expérim.*, t. III, 1823, p. 356.

(3) *Ricerche speriment. sopra i nervi. Lett. del profess. Panizza al profess. Bufalini.* Pavie, 1834.

fondées. Pour le moment, tout en rappelant les effets que nous avons obtenus plus haut après la section du nerf lingual, nous nous contenterons de faire observer, d'une part, que, si le glosso-pharyngien était le nerf exclusif du goût, comme l'assure Panizza, on ne concevrait point l'existence de la faculté gustative dans les deux tiers antérieurs de la langue, qui n'en reçoivent pas le moindre filet; que, d'autre part, le lingual fût-il exclusivement un nerf de sensibilité générale, on ne s'expliquerait pas néanmoins qu'en le coupant on rendît la langue insensible dans toute son étendue, puisque la distribution du lingual est complétement étrangère à la base de cet organe.

Préoccupé de l'idée que le nerf de la cinquième paire étend son influence sur tous les organes des sens spéciaux, Magendie avance, en 1839 (1) « qu'il n'y a, en définitive, que la section de la cinquième paire qui abolisse la sensibilité tactile et gustative de la langue (p. 294); que, pour abolir *entièrement* le goût, il faut couper le tronc même de la cinquième paire dans le crâne. C'est, dit-il, ce que j'ai eu plusieurs fois l'occasion de faire, et *toujours* je me suis assuré que la section du tronc même de la cinquième paire abolissait *complétement et partout* la propriété de reconnaître les saveurs les plus âcres et les plus caustiques (p. 289). » Mais, ici encore, cet auteur se contredit et oublie ses assertions de 1824 (2): « Après la section intra-crânienne de la cinquième paire, la langue, disait-il alors, est insensible du côté où ce nerf est coupé, et des deux si les nerfs le sont à droite et à gauche. Les corps sapides n'ont aucune action apparente sur la partie antérieure de l'organe; *mais ils ont une action évidente sur le centre et la base.* »

Il importe qu'on sache de quelle manière Magendie, qui refuse au glosso-pharyngien toute influence sur les sensibilités tactile et gustative de la base de la langue, des piliers du voile palatin, etc. (3), explique la persistance du goût et du tact dans ces parties quand on se borne à diviser le lingual de chaque côté, au lieu de couper, dans le crâne, les troncs mêmes des trijumeaux. « Les physiologistes, dit-il (4), qui ont fait des expériences sur les nerfs du goût se sont en général bornés à couper le nerf lingual : je crois que c'est à cette circonstance qu'est due la diversité des résultats qu'ils ont obtenus. Ils ont attribué au glosso-pharyngien ou à l'hypoglosse ce qui appartenait aux filets fournis par les *branches encore intactes de la cinquième paire.* Je n'ai coupé sur cet animal que la branche maxillaire inférieure, par conséquent celle qui fournit le nerf lingual. Les autres branches de la cinquième paire n'ont pas été touchées. Puisque la sensibilité est conservée *à la base de la langue* et au voile du palais (plus haut)... en conclurons-nous avec certains physiologistes que la cinquième paire ne fournit pas *seule* la sensibilité de ces parties, et que le glosso-pharyngien ou d'autres nerfs partagent les mêmes propriétés sensitives? Non, et en voici la raison... On doit se demander s'il n'y a pas là (*base de la langue* et *voile du palais*) quelques filets provenant des branches intactes de la cinquième paire qui apportent cette sensibilité. Et, en effet, nous trouvons les filets du ganglion sphéno-palatin, *et en particulier le nerf naso-palatin de Scarpa.* »

Quel anatomiste a jamais vu des filets du ganglion sphéno-palatin allant à la

(1) *Leçons sur les fonctions et les maladies du système nerveux*, t. II, p. 294. 1839.
(2) *Journ. de physiol. expériment.*, t. IV, p. 181. 1824.
(3) *Leçons sur le syst. nerv.*, t. II, 1839, p. 288, 293, 294 et suiv.
(4) *Ibid.*, p. 289.

ase de la langue ? Quelle direction Magendie fait-il donc prendre au nerf naso-alatin de Scarpa, pour le mener dans la base de la langue ou dans le voile du pa-is? C'en est trop pour démontrer quelle valeur il faut accorder à des assertions hysiologiques qui, si elles se contredisent, se fondent de plus sur les erreurs ana-omiques les plus graves.

De ce qui précède, il résulte que Panizza a accordé au glosso-pharyngien une art beaucoup trop grande dans la gustation, et que Magendie, en refusant à ce erf toute influence sensoriale, a admis une action exagérée de la cinquième paire ur le goût comme sur tous les autres sens spéciaux.

Si le rameau lingual, le nerf glosso-pharyngien et la muqueuse de la langue, etc., ont essentiels pour la transmission des impressions sapides, d'autres parties se nontrent les auxiliaires de la gustation : ce sont principalement toutes celles qui umectent la langue et la bouche, comme les follicules ou cryptes muqueux variés e ces parties, les papilles fongiformes de la base de la langue, les tonsilles et sur-out les glandes salivaires. On sait, en effet, que les corps solides ne produisent au-une impression sapide dans l'état de sécheresse de la langue et de la bouche, et ue le goût se perd ou s'altère par les changements qu'éprouvent les agents de ces iverses sécrétions. Or, par quels nerfs ces sécrétions sont-elles influencées? A en uger par la salivation abondante qui accompagne les névralgies maxillaires, la cin-quième paire semble agir sur les organes qui sécrètent la salive ; il est probable qu'elle agit également sur les glandules des joues, des lèvres, du voile du palais, etc., et que le glosso-pharyngien a aussi quelque action sur la sécrétion des tonsilles, sur celle de ces nombreux follicules qui font partie de la membrane tégumentaire de la base de la langue, etc. Cependant je ferai observer que de nombreux filets du ganglion cervical supérieur, enlaçant certaines divisions de l'artère carotide externe (artères faciale, linguale, temporale, maxillaire interne, etc.), pénètrent dans l'épais-seur de toutes les glandes salivaires (1), et que quelques uns semblent même aboutir à la plupart des muqueuses céphaliques et à celle du pharynx si richement pourvue de glandules mucipares. Une semblable répartition du ganglion cervical supérieur autorise donc à supposer que le grand sympathique ne doit pas être non plus sans influence sur les sécrétions nécessaires au complet exercice de la faculté gustative. Voici quelques faits qui me confirment dans cette opinion : un lapin, sur lequel j'avais pratiqué avec le plus grand succès la section intra-crânienne du nerf triju-meau gauche, survécut à cette opération pendant quatre semaines (2) ; à l'autopsie, j'examinai comparativement et avec soin les glandes salivaires, et je ne constatai aucune atrophie, aucune diminution de volume dans celles du côté gauche. Sur plusieurs chiens, auxquels j'avais *réséqué* les deux nerfs linguaux au-dessus et en arrière des glandes sous-maxillaires, j'ai vu encore, après la guérison, la salive s'é-couler abondamment, *au-dessous de la langue*, dans l'intérieur de la bouche. As-surément, un pareil phénomène ne se serait pas produit, si la cinquième paire pré-sidait seule à la sécrétion salivaire : l'examen des parties, après la mort, a d'ail-leurs prouvé que les bouts des nerfs n'étaient point réunis. Il nous semble donc permis de croire ici à une action directe du grand sympathique.

(1) Des filets appartenant au rameau carotidien du ganglion cervical supérieur parviennent, en accompagnant les artères lacrymales, jusqu'aux glandes du même nom, comme l'ont démontré les recherches de Chaussier et de Ribes; aussi avons-nous déjà dit que nous n'avions pas vu la sécrétion des larmes se suspendre entièrement, après la section intra-crânienne des nerfs trijumeaux.

(2) Par négligence, la personne à laquelle je l'avais confié le laissa mourir de faim.

Valentin (1) dit qu'en irritant le trijumeau dans le crâne, il a excité des contractions dans la portion supérieure de l'intestin grêle (*duodenum* et *jejunum*). Schiff (2), quelques jours après la section intra-crânienne de ce tronc nerveux sur des lapins et des cabiais, a constamment observé une *hypérémie villeuse* limitée à cette partie du tube digestif; et Henle (3) est porté à croire, d'après les résultats obtenus par ces deux expérimentateurs, que quelques filets intestinaux du grand sympathique parviennent à l'encéphale en s'associant aux filets radiculaires de la cinquième paire (4).

Nerf glosso-pharyngien.

I. Dès son origine, ce nerf est-il mixte ou purement sensitif? Telle est la question qu'il importe d'examiner d'abord : pour la résoudre, il faut invoquer à la fois l'anatomie et les expériences.

On se rappelle que tous les nerfs qui naissent du sillon collatéral postérieur de la moelle (5) sont exclusivement en rapport avec l'exercice de la sensibilité. Or, l'origine du glosso-pharyngien s'observe au bulbe, sur le prolongement de ce même sillon ; de plus, ce nerf est pourvu d'un ganglion (*G. d'Andersh*) comme les racines spinales postérieures, et enfin sa distribution *terminale* rappelle un nerf de sentiment. Les données anatomiques et l'induction tendent donc à le faire considérer comme tel.

Il en est de même des résultats de l'expérimentation. C'est en vain qu'après l'ablation des lobes cérébraux, sur le cheval et le chien, j'ai galvanisé, dans le but de provoquer des mouvements du *pharynx*, etc., le nerf glosso-pharyngien avant son entrée dans le trou déchiré postérieur; aucune contraction de cet organe ou des muscles qui l'avoisinent n'a été vue ni par moi, ni par les personnes dont j'étais assisté (6). Les expériences de Valentin (7), celles de Biffi et Morganti (8) confirment les miennes.

Ces résultats négatifs doivent être rapprochés de ceux qu'on obtient en appliquant l'électricité aux racines postérieures, au nerf lingual ou autres divisions de la portion ganglionnaire du trijumeau, et il est évident qu'on doit leur accorder la même signification.

Cependant J. Muller (9), imité par Wolkmann (10) et Hein (11), enseigne que le nerf qui nous occupe est *mixte* ou sensitivo-moteur dès son origine, et il fonde surtout son opinion sur des arguments anatomiques desquels il nous faut apprécier la valeur. « D'après les observations que j'ai citées précédemment, dit Muller, par rapport à un ganglion produit, au-dessus du ganglion pétreux, par une partie des

(1) *Loc. cit.*

(2) Note communiquée par l'auteur.

(3) *Handbuch der rationellen Pathologie*, t. I, p. 183.

(4) Le lecteur trouvera, dans l'exposé des faits pathologiques relatifs au nerf trijumeau, un complément utile à toutes les notions physiologiques qui précèdent. (Dans mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. I, p. 191 et suiv. Paris, 1842.)

(5) Racines spinales postérieures.

(6) Pour éviter les effets de l'action réflexe, il faut toujours séparer d'*abord* le glosso-pharyngien du bulbe.

(7) *Lehrbuch der Physiol.*, t. II, p. 679. Braunschweig, 1844.

(8) *Sui nervi della lingua ricerche anat. fisiol. — Estratte dagli Annali universali di medicina*, vol. CXIX, agosto-settembre 1846. Milano.

(9) *Physiol. du syst. nerv.* Trad. de Jourdan, t. I, p. 30, 107 et 319.

(10) Wagner's *Handwörterbuch*, t. II, p. 583.

(11) *Müller's Arch.*, 1844.

lets radiculaires du nerf glosso-pharyngien, ce nerf appartient à la classe des ixtes. J'ai fait voir que ses racines se comportent *exactement* comme celles du ijumeau, puisqu'il y en a une partie qui se renfle pour produire le ganglion su-érieur, tandis que le reste passe au-devant du ganglion (p. 107). Les filets radi-ılaires du glosso-pharyngien, *les uns avec ganglion, les autres sans ganglion*, se omportent comme les racines du nerf trijumeau, et le glosso-pharyngien lui-même t, ainsi que ce dernier, mixte à l'instar des nerfs rachidiens (p. 30). »

Pour se comporter *exactement* comme les deux espèces de racines du trijumeau ou s nerfs rachidiens, il faudrait, d'après les principes de Ch. Bell adoptés par Mul-r (1), que celles du glosso-pharyngien eussent des origines distinctes en rapport ec leurs attributions motrice et sensitive; or, de l'aveu même du professeur de rlin, les filets radiculaires qui convergent vers ce qu'il nomme son *ganglion gulaire supérieur* » ne paraissent point avoir une origine différente de celle des tres filets radiculaires du glosso-pharyngien. » D'ailleurs il ne faut point perdre vue que ce nerf ne préside pas seulement, comme les racines spinales posté-ures, à la sensibilité générale, mais qu'il exerce encore une influence importante r le sens du goût: répugnerait-il donc d'admettre que la disposition, signalée par uller, pourrait bien dépendre de la double mission confiée au glosso-pharyngien? ur moi, je serais porté à croire, par analogie, que *sa portion ganglionnaire pré-le à la sensibilité générale*, et l'autre à la sensibilité gustative.

Ce physiologiste croit confirmer ses premières assertions en rappelant l'expé-nce de Herbert-Mayo (2), qui, en pinçant au cou le nerf glosso-pharyngien un âne récemment mort, observa « des contractions bornées au muscle stylo-aryngien et aux fibres musculaires de la partie supérieure du pharynx. » Muller pporte une expérience analogue faite, sur un lapin, à l'aide du galvanisme; et, mme il la cite à l'appui de la précédente, il est permis de penser qu'il a égale-ent agi au niveau du cou, c'est-à-dire dans un point où réellement le glosso-aryngien est devenu *mixte* par l'adjonction de filets empruntés au facial ou au inal. De semblables résultats, pas plus que le fait anatomique signalé par Muller, sauraient donc rien prouver en faveur de l'opinion qui considère le glosso-pha-ngien comme sensitivo-moteur *dès son origine*.

Du reste, c'est avec succès que nous avons pu reproduire ces derniers résultats r le cheval et sur le chien: mais il n'y a rien là qui puisse nous surprendre ou ranler nos convictions, puisque, encore une fois, le nerf sur lequel on agit s'est jà anastomosé, au-dessous de son ganglion pétreux, avec un ou plusieurs nerfs mouvement.

John Reid (3), Biffi et Morganti (4) regardant, à l'exemple de Panizza (5), le glosso-aryngien comme exclusivement sensitif dans toute sa longueur, font dépendre contractions du pharynx qui succèdent à l'irritation de ce nerf au cou, non d'une luence motrice directe, mais de l'action réflexe de la moelle. C'est assurément n à tort que ces contractions ont été niées par Panizza; car, quelle que soit la

1) *Physiol.*, etc., p. 85.
2) *Journ. de physiol. expérim.*, t. III, p. 355. 1823.—Extr. de *Anatomical and physiological nmentaries*. London, 1823.
3) *On experiment. investig. into the functions of the eighth par of nerves, or the glosso-pha-g., pneumo-gastric, and spinal accessory*. Dans *The Edinb. med. and surg. Journ.* 1838. LIX, p. 129.
4) *Mém. cit.*
5) *Ricerche sperimént. sopra i nervi. Lett. del prof. Panizza al prof. Bufalini.* Pavie, 1834.

cause à laquelle on les rapporte, leur existence ne saurait être contestée. Il ne fa drait pas que le professeur de Pavie objectât que sans doute j'ai pris, à l'exem de quelques expérimentateurs, le rameau pharyngien du spinal pour le glosso-ph ryngien : j'étais trop bien en garde contre une pareille erreur, pour ne pas l'évit D'ailleurs, les contractions que j'ai observées dans le pharynx, après l'irritati mécanique ou galvanique du glosso-pharyngien, *au col*, ont dépendu directeme des filets moteurs alors adjoints à ce nerf, et non *du pouvoir réflexe;* car, ces co tractions pharyngiennes, je les ai reproduites en agissant sur le bout périphériq du glosso-pharyngien divisé.

Debrou (1) paraît enclin à soutenir, avec Muller, l'opinion que le glosso-phary gien est mixte dès son origine, et il affirme avoir vu, sur des chiens, des mouv ments du pharynx et du voile du palais, en galvanisant ce nerf dans le crâne : m Debrou avertit que « le plus souvent il a dû agir sur les trois nerfs du trou déch postérieur. » Or, l'un d'eux, le spinal, fournit précisément des filets moteurs an tomotiques au glosso-pharyngien ; ce n'est donc qu'en apparence que ces résult sont opposés aux nôtres.

Des recherches et de l'examen critique auxquels nous venons de nous livrer, résulte que le glosso-pharyngien est exclusivement un nerf de sensibilité dep son origine jusqu'à son ganglion ; mais qu'à partir de celui-ci il exerce une i fluence motrice due à ses seules anastomoses avec des nerfs de mouvement.

II. Quant à la question de savoir si le nerf glosso-pharyngien est sensible a irritants mécaniques, elle a été diversement résolue par les expérimentateurs. « S avant de diviser ce nerf, dit Panizza (2), on l'irrite ou on le pique avec la pointe ciseaux, l'animal (chien) ne donne aucun signe de douleur ; il en est de mê lorsqu'on le coupe. » Selon John Reid (3) « le glosso-pharyngien est un nerf sensation commune, comme l'indiquent les souffrances qu'éprouvent les anima sur lesquels ce nerf est coupé, piqué ou pincé. » Alcock (4) avait déjà fait ce remarque répétée plus tard par Cazalis et Guyot (5), qui assurent que « le glos pharyngien, mis à découvert à sa sortie du crâne, est *extrêmement* sensible qua on le tiraille, qu'on le pique ou qu'on le coupe. »

Il importe de savoir que tous ces expérimentateurs ont opéré, comme Paniz sur des chiens.

A moins qu'ils ne fussent déjà épuisés par une vive résistance opposée dura l'opération, les animaux de cette espèce m'ont toujours paru souffrir du pincem et de la section des nerfs glosso-pharyngiens.

III. Si l'on s'en rapportait aux assertions de Panizza, ce nerf n'aurait auc influence sur la sensibilité générale, et sa section ne porterait atteinte qu'au go Mais, assurément, il n'en est point ainsi, et les impressions tactiles, qui partent la base de la langue ou des piliers du voile palatin, ne sauraient avoir d'autre ag nerveux de transmission ; d'ailleurs, on a déjà vu combien peu est fondée l'opin de Panizza, quand il avance que l'excision du nerf lingual fait disparaître la sen bilité tactile dans *toute* la langue.

(1) *Thèse inaug.* Paris, 31 août 1841, p. 25.
(2) *Mém. cit.*
(3) *Mém. cit.*, t. XLIX, p. 129. *Edinb. Journ.*, 1838.
(4) *Determinat. on the quest.: Which are the nerves of taste*, etc. Dans *The Dublin Jour* 1836, n° 29.
(5) *Arch. génér. de méd.*, février 1839, t. IV, 3e série, p. 258.

Suivant les uns, après qu'on a réséqué les deux glosso-pharyngiens, il y aurait abolition entière du goût, et, selon les autres, ce sens n'aurait fait que perdre, en partie, son activité. « Le résultat immédiat de la division de ces nerfs, d'après Panizza, est la *perte absolue du goût*, sans lésion ni de la sensibilité tactile, ni des mouvements de la langue... Un chien mangeait alors indistinctement et avec la même avidité de la viande pure et celle qu'on avait pétrie avec de la poudre de coloquinte. Il buvait également et le lait pur et celui auquel on avait mêlé une assez grande quantité de cette substance. Bien plus, ayant pilé et malaxé un morceau de viande dans une solution de coloquinte, et l'ayant présenté à l'animal, non seulement il l'a mangé, mais encore il a bu tout le liquide qui était contenu dans le vase. » Valentin (1) prétend avoir confirmé ces résultats par ses propres expériences.

Au contraire, Alcock (2) affirme que, « sur un chien, le goût ne parut pas beaucoup affecté par la section des glosso-pharyngiens, car l'animal fit des efforts pour vomir sous l'impression de la coloquinte; néanmoins il manifestait moins de dégoût qu'auparavant. » Le même auteur conclut que, si les glosso-pharyngiens concourent à la perception des saveurs, ils n'en sont certainement pas les nerfs spéciaux et exclusifs. John Reid (3) croit avec Alcock, contrairement à Panizza, qu'après la résection de cette paire nerveuse, les animaux perçoivent encore la sensation des aliments amers. Toutefois, Reid est loin de nier toute influence sur le goût. « La section des glosso-pharyngiens, disent Cazalis et Guyot (4), n'abolit point le sens du goût tout entier; elle permet à certaines saveurs très mauvaises de passer inaperçues, tandis que d'autres, même beaucoup moins déplaisantes, sont très bien distinguées. » Magendie (5) va plus loin que tous ces auteurs, car il lui a semblé que « *l'animal sentait les saveurs tout aussi bien qu'avant cette section* : » à la vérité, l'opinion de ce physiologiste peut être avantageusement combattue, puisqu'il est très présumable, comme j'essaierai de le prouver plus bas, qu'il a divisé les rameaux pharyngiens du spinal (6), au lieu des glosso-pharyngiens.

Quoique j'aie pratiqué fort souvent la résection de ces derniers nerfs, j'avoue que cette opération est toujours, pour moi, très délicate et très difficile à exécuter d'une manière convenable et complète. En effet, sans parler des embarras que suscite une abondante hémorrhagie, prend-on le nerf un peu trop bas, on laisse échapper un certain nombre de filets pharyngiens supérieurs; le saisit-on un peu trop haut et en arrière, on compromet les filets moteurs anastomotiques du rameau pharyngien du spinal : de là, des demi-résultats ou des résultats en apparence contradictoires; ou bien encore des complications qui, comme la gêne de la déglutition, par exemple, sont rapportées mal à propos à la lésion des glosso-pharyngiens.

Toutes les fois que j'ai pu réussir, j'ai vu les chiens qui, avant l'expérience, donnaient les signes de dégoût les plus manifestes, quand je déposais sur la base de leur langue quelques gouttes d'un décoctum concentré de coloquinte, ne plus manifester la moindre répugnance après la section des glosso-pharyngiens, lorsque toutefois je prenais la précaution de ne verser le liquide que dans l'arrière-bouche :

(1) *De functionibus nervorum cerebralium et nervi sympathici*. Berne, 1839, p. 41.
(2) *The Dublin Journ.*, 1836, n° 29.
(3) *Mém. cit.* — *Edinb. Journ.*, t. XLIX, p. 128.
(4) *Mém. cit.* Dans *Arch. génér. de méd.*, février 1839, p. 258.
(5) *Fonct. et malad. du syst. nerv.*, t. II, p. 293. 1839.
(6) Nous verrons qu'on les nomme à tort *rameaux pharyngiens du pneumo-gastrique* : ce dernier ne leur fournit qu'un bien petit nombre de filets.

car trois ou quatre gouttes seulement étaient-elles mises en contact avec la pointe ou les bords de la langue, de suite l'animal exécutait des mouvements brusques de mastication, comme s'il cherchait à se débarrasser d'une sensation désagréable. Le nerf lingual était donc l'agent qui transmettait ces impressions sapides, et, par conséquent, le glosso-pharyngien n'est point le seul nerf gustatif.

Cependant je mentionnerai ici quelques cas dans lesquels, après la résection des deux glosso-pharyngiens et des deux nerfs linguaux, il m'a semblé que des chiens, conservés vivants pendant quelques jours, appréciaient encore, bien légèrement à la vérité, l'amertume ou la saveur désagréable de certaines substances (1).

Ces phénomènes m'ont paru exister le jour même de l'opération, et ne pas se prononcer d'une manière plus sensible les jours suivants. Avais-je laissé intacts quelques filets des glosso-pharyngiens? Je suis porté à le croire, quoiqu'il m'ait été impossible de le reconnaître au fond d'une plaie, quelquefois cicatrisée, mais le plus souvent enflammée. Ou bien, ce peu de sensibilité gustative dépendrait-il de cette petite surface du voile du palais, qui, indiquée par Vernière (2), mais surtout bien circonscrite par Guyot et Admyrauld (3), est supposée emprunter aux nerfs palatins ses filets gustatifs (4)? Pour trancher la question, il aurait fallu peut-être extraire le ganglion sphéno-palatin ; mais j'avoue que je ne me suis pas senti l'adresse du docteur Alcock de Dublin (5), qui prétend avoir accompli cette incroyable opération, et n'a point remarqué que le goût en fût altéré.

Quoi qu'il en soit, les faits démontrent, 1° que le rôle du glosso-pharyngien, comme agent de sensibilité générale et spéciale, ne saurait être contesté; 2° qu'il y aurait exagération et erreur à placer le goût sous la dépendance exclusive de ce nerf.

IV. Quant à la question de savoir si, en l'absence du concours des glosso-pharyngiens, la *sensation de la soif* peut éprouver quelques changements, elle sera examinée plus loin, à propos des fonctions de la huitième paire.

V. Sans rapporter aucune expérience qui lui soit propre, Ch. Bell (6) prétend que le rôle du glosso-pharyngien consiste à associer les mouvements de la langue et du pharynx avec ceux de la respiration, dans les mouvements instinctifs *de la déglutition*. « Le chien auquel on a coupé les deux glosso-pharyngiens, selon Panizza (7), une fois remis de l'abattement qu'amène l'opération elle-même, mange et boit aussi bien que si on ne lui avait fait subir aucune blessure, et chez lui la mastication et la déglutition s'opèrent comme à l'état normal. » Alcock (8) aurait vu, au contraire, la « déglutition devenir extrêmement difficile, quelquefois même impossible. » John Reid (9) partage l'opinion de Panizza ; mais Cazalis et Guyot (10) ont noté une grande altération dans la déglutition.

(1) Ces substances étaient toutes dépourvues d'odeur.

(2) *Journ. des progrès*, t. III et IV.

(3) *Arch. génér. de médec.*, t. XIII, 2e série, 1837, p. 51. Voyez aussi leur premier mémoire qui date de 1830.

(4) Debrou (*Thèse cit.*) a décrit des filets du glosso-pharyngien qui vont à la portion horizontale du voile du palais; il est donc possible que la branche maxillaire supérieure n'influence en rien la sensibilité spéciale de cette partie.

(5) *Mém. cit.*

(6) *Ouv. cit.*

(7) *Mém. cit.*

(8) *Mém. et recueil cités.*

(9) *Mém. cit.* Dans *Edinb. Journ.*, t. XLIX, p. 126. 1838.

(10) *Mém. cit.* Dans *Arch. génér. de méd.*, 1839, t. IV, 3e série, p. 258.

« J'ai coupé, dit Magendie (1), les deux nerfs glosso-pharyngiens... Les mouvements de déglutition étaient plus difficiles, ce qui confirme l'opinion que *le glosso-pharyngien est un nerf moteur*, p. 293... *La déglutition était devenue entièrement impossible chez un autre, auquel avaient été coupés les nerfs glosso-pharyngien et hypoglosse de chaque côté* (p. 295). »

Dans ces expériences, sont-ce réellement les glosso-pharyngiens qui ont été divisés? Analysons :

Première expérience. « La sensibilité de la langue et du voile du palais n'a pas paru diminuée. Il a semblé que l'animal sentait la douleur et les saveurs tout aussi bien qu'avant cette section. » *Deuxième expérience.* « L'animal a paru s'apercevoir à peine de l'opération. La sensibilité de la langue est partout conservée. » *Troisième expérience.* La section des hypoglosses est ajoutée à celle des glosso-pharyngiens : « La langue n'a rien perdu de sa sensibilité spéciale et générale. »

Il n'y a que des filets de ces derniers nerfs dans la muqueuse qui revêt la base de la langue et les piliers du voile du palais ; là, eux seuls peuvent, par conséquent, transmettre les impressions tactiles ou sapides, et néanmoins la sensibilité générale et spéciale de ces parties persisterait après la section des glosso-pharyngiens (2) ? Mais qu'on veuille bien se rappeler que, tout près et au-dessous de ces deux nerfs réellement sensitifs, on en trouve deux autres ayant le même volume, à peu près les mêmes rapports, surtout plus faciles à découvrir, et qu'on nomme *rameaux pharyngiens :* ces rameaux, qui appartiennent principalement au spinal (3), influencent la contraction des muscles constricteurs du pharynx, et sont en effet étrangers à la sensibilité de la base de la langue et des piliers du voile du palais ; leur lésion apporte, au contraire, de la gêne dans la déglutition. Or, comment se refuser à croire que ces rameaux ont été pris pour les glosso-pharyngiens, quand, dans les expériences précédentes, il n'est fait mention que de gêne d'avaler, et nullement de sensibilité compromise ? Mes expériences comparatives sur les glosso-pharyngiens et les rameaux pharyngiens du spinal ne me laissent aucun doute à cet égard. Après la section des premiers, je n'ai jamais vu survenir de troubles appréciables dans la déglutition.

Dès que le bol alimentaire a les qualités convenables pour être dégluti, chacun sait tout ce qu'a de fatigant et de pénible la résistance qu'on oppose à la force qui nous porte à avaler. Une sensibilité spéciale, siégeant au fond de la bouche, a été invoquée comme propre à nous pousser à l'accomplissement de cet acte. Mais ici l'intervention des glosso-pharyngiens est loin d'être indispensable, puisque après leur section, nous n'avons observé, sur des chiens conservés vivants durant quelques jours, aucun retard dans la déglutition des aliments, et que le penchant à avaler est resté le même, au moins en apparence : il y a donc intervention d'autres nerfs sensitifs que nous allons bientôt faire connaître en étudiant les fonctions du pneumo-gastrique.

(1) *Fonct. et malad. du syst. nerv.*, t. II, p. 293 et suiv.

(2) Quelques filaments de terminaison du rameau laryngé interne parviennent jusque dans les replis glosso-épiglottiques et les intervalles qui les séparent : on verra plus loin quels sont leurs véritables usages.

(3) Nous aurons occasion d'en parler de nouveau, en nous occupant de la *branche interne* du nerf spinal, anastomosée avec le pneumo-gastrique.

Nerf pneumo-gastrique.

Si aucun nerf de l'économie n'a été le sujet d'autant d'expériences que le pneumo-gastrique, assurément aussi il n'en est aucun dont l'étude ait donné lieu à des interprétations plus diverses et souvent plus contradictoires.

Une question capitale, et dominant l'histoire physiologique de ce nerf, est celle de savoir si, *dès son origine*, il est mixte ou s'il est *purement sensitif*. Avec plusieurs physiologistes recommandables (1), j'ai toujours professé cette dernière opinion qu'aujourd'hui encore je ne crois pas devoir abandonner, malgré la vive opposition qu'on lui a faite (2). J'essaierai, au contraire, de la défendre à l'aide d'arguments nouveaux, puisés soit dans mes propres recherches, soit dans celles d'autres expérimentateurs, tout en signalant la vraie origine des fibres nerveuses auxquelles le pneumo-gastrique emprunte sa faculté motrice. Puissé-je faire partager aux physiologistes mes convictions actuelles sur ce dernier point de la science, convictions basées sur des observations et des expériences que je crois également rigoureuses !

Du pneumo-gastrique, proprement dit, considéré comme nerf exclusivement sensitif. — C'est une vérité généralement admise que toutes les racines des nerfs spinaux, qui s'implantent dans le sillon collatéral postérieur de la moelle, sont seulement en rapport avec l'exercice de la sensibilité. Or, les filets originels du pneumo-gastrique se trouvent précisément sur la même ligne que ces racines, et émergent du faisceau postérieur du bulbe rachidien; de plus, ce nerf est pourvu d'un ganglion (*G. d'Ehrenritter*) (3), comme chacune des racines spinales postérieures.

Sur des chiens de haute taille et sur des chevaux, j'ai isolé dans le crâne, avec le soin le plus minutieux, le pneumo-gastrique du bulbe et des filets les plus élevés du spinal (*branche interne*), afin d'éviter tout *mouvement réflexe* et toute dérivation de courant sur ce dernier nerf; puis j'ai fait agir l'électricité exclusivement sur les filets d'origine du pneumo-gastrique, sans voir jamais survenir le plus léger frémissement soit dans les muscles du larynx et du pharynx, soit dans la tunique

(1) SCARPA, *De gangliis nervorum, deque origine et essentia nervi intercostalis*, ad. H. Weber, Milano, 1831. — FRÉD. ARNOLD, *Bemerkungen über den Bau des Hirns und Rückenmarks*, etc., p. 136. Zürich, 1838. — TH. BISCHOFF, *Nervi accessorii Willisii anat. et physiol.* Heidelberg. 1832. — VALENTIN, *De functionibus nervorum cerebralium et nervi sympathici*, p. 45. Berne, 1839. — MORGANTI, *Annali universali di Medic.* 1843.

L'illustre CH. BELL semble être aussi arrivé à considérer le nerf pneumo-gastrique, abstraction faite de ses anastomoses, comme un nerf exclusivement en rapport avec la sensibilité. (Voir le mém. de son élève JAMES SPENCE, intitulé : *Rech. anat. sur les nerfs pneumo-gastrique et spinal*. Dans *Ann. médico-psychologiques*, t. II, p. 48. 1843.)

(2) VAN KEMPEN, *Essai expériment. sur la nature fonctionnelle du pneumo-gastrique*. Thèse. Louvain, 1842. — HEIN, *Uber d. Nerven des Gaumensegels*. Dans *Müller's Arch.* 1844. — VOLKMANN, *Nervenphysiologie*. Dans *R. Wagner's Handworterb. d. Physiol.* t. II, p. 584, 1845. — C. BERNARD, *Rech. expérim. sur les fonct. du nerf spinal, étudié spécialement dans ses rapports avec le pneumo-gastrique*. Dans *Arch. génér. de méd.* 1844. — HYRTL, *Lehrbuch d. Anat. des Menschen, u. s. w.* Prague, 1846, p. 607.

J. MULLER (*Manuel de physiologie*, trad. de Jourdan, t. I, p. 568), ayant tenté *une seule expérience* sur un chien, s'en rapporte principalement aux assertions des autres pour admettre le caractère mixte des *filets d'origine* propres au pneumo-gastrique : « Mon expérience, dit-il ailleurs, m'a inspiré à moi-même de la défiance. » (*Physiol. du syst. nerv.*, trad. de Jourdan, t. I, p. 110. Paris, 1840.)

(3) Au-dessous de ce ganglion, on en observe un autre, plus volumineux, qui a été bien décrit surtout par Fréd. Arnold.

musculeuse de l'œsophage ou ailleurs (1). Mais aussi, je n'ai jamais manqué de faire voir à tous ceux qui ont assisté à mes cours de vivisections combien il est facile d'obtenir des résultats contraires, en négligeant seulement une de ces précautions : il suffit, par exemple, de mouiller un peu le taffetas verni, servant à isoler les deux nerfs, pour que le courant réagisse aussitôt sur les filets supérieurs du spinal, d'où des contractions manifestes dans les précédents organes.

En donnant à ces résultats négatifs la même signification qu'à ceux qu'on obtient de l'application de l'électricité aux racines spinales postérieures, au nerf lingual ou aux autres divisions de la portion ganglionnaire du trijumeau, on est donc amené à conclure que le pneumo-gastrique est exclusivement sensitif depuis son origine au bulbe jusqu'au ganglion d'Ehrenritter : et, en effet, ses fibres terminales, en se distribuant à quelques points de la base de la langue, de la surface interne du pharynx, aux muqueuses qui tapissent l'œsophage, l'estomac, la trachée, les bronches et leurs divisions, procurent à chacune de ces parties sa sensibilité propre ; sensibilité qui, mise en exercice, peut donner lieu à une réaction variable suivant l'organe et la nature de l'impression qu'il subit.

1° Ainsi, par exemple, j'ai reconnu que les filets linguaux du pneumo-gastrique concourent à transmettre au centre nerveux l'impression qui provoque le mouvement réflexe de déglutition. Sur des chiens, dont la partie libre de l'épiglotte avait été excisée, ayant ouvert la trachée immédiatement au-dessous du larynx, et introduit par la glotte, à l'aide d'une pince très fine, de petits fragments de viande ou de pain humide, j'ai toujours facilement excité la déglutition en les déposant dans l'intervalle des deux replis latéraux glosso-épiglottiques, où ne se trouvent que les filets linguaux du laryngé supérieur. Au contraire, chose digne de remarque, l'excitation de ces mêmes points, avec les extrémités effilées de la pince, provoquait la nausée et les efforts du vomissement. Dans mon opinion, les glosso-pharyngiens, les filets pharyngiens du pneumo-gastrique, et même ceux du trijumeau qui se rendent à la face buccale du voile du palais, partagent la même influence avec les filets linguaux du laryngé supérieur. A l'aide d'expériences directes, je me suis convaincu que la résection *isolée* soit des glosso-pharyngiens, soit des trijumeaux, soit des rameaux internes des laryngés supérieurs, ne supprimait pas l'impression périphérique à laquelle succède le mouvement réflexe de déglutition, mais qu'après ces trois résections pratiquées successivement à des hauteurs convenables, ce mouvement devenait difficile, sinon impossible : il eût peut-être cessé d'une manière absolue, sans l'intervention persistante des filets pharyngiens du pneumo-gastrique que malheureusement, dans l'expérience, on ne peut songer à isoler des filets pharyngiens du spinal.

2° On connaît l'exquise sensibilité de la partie sus-glottique du larynx et son influence importante sur la régularisation des mouvements de constriction de la glotte, au deuxième temps de la déglutition (2). On sait que la respiration, pour être entretenue dans toute son activité, exige le concours d'impressions transmises

(1) Pour la solution de la question qui nous occupe, j'accorde une bien plus grande importance à ces résultats négatifs qu'à une origine qui, à la rigueur, ne pourrait être qu'apparente. Les filets bulbaires du spinal et ceux du pneumo-gastrique semblent s'implanter à peu près sur la même ligne ; ce qui n'empêche pas les premiers, vu leurs usages, de naître en réalité dans l'épaisseur de l'un des faisceaux moteurs de la moelle. Qui ne sait combien l'origine *réelle* du trijumeau, par exemple, diffère de son origine *apparente ?*

(2) Voy. mon mém. intitulé : *Rech. expér. sur les agents de l'occlusion de la glotte dans la déglutition, le vomissement et la rumination*, etc. Dans *Arch. génér. de méd.* 1841.

de la muqueuse respiratoire au centre nerveux par les pneumo-gastriques: en effet, quand on interrompt ces nerfs dans leur trajet au cou, l'action excitatrice de l'air n'étant plus perçue, la sensation du besoin de respirer semble s'amoindrir, si l'on en juge par le nombre des inspirations qui diminue. On sait enfin que la muqueuse respiratoire, habituée au seul contact de l'air, est péniblement impressionnée par tout autre agent que son excitant physiologique; d'où résulte alors une toux violente et expulsive.

3° Lorsque des aliments ont été introduits dans l'estomac, la membrane muqueuse impressionnée entraîne, avec le concours du système nerveux central, la réaction de la tunique musculeuse, si favorable au travail de la chymification. Mais l'estomac ne saurait non plus supporter le contact de certaines substances, et alors il provoque le vomissement. Du reste, de même que l'impression, à laquelle succède la toux, peut avoir son point de départ à la muqueuse du larynx, de la trachée ou à celle des poumons; de même aussi l'impression, qui occasionne le vomissement, peut avoir le sien à la muqueuse de l'arrière-bouche, de l'œsophage ou de l'estomac.

4° Il est assurément permis de croire que quelques unes des fibres terminales du pneumo-gastrique proprement dit parviennent sous la membrane interne du cœur, et qu'en leur qualité de fibres sensitives elles contribuent aux mouvements réflexes continuels de cet organe. Il ne répugne donc pas d'admettre qu'un sang vicié dans sa composition puisse produire, sur la membrane interne du cœur, une impression pénible à laquelle succèdent des contractions plus énergiques et tendant à expulser un stimulus anormal, ainsi qu'il arrive aux muqueuses précédentes, excitées d'une manière anti-physiologique, de donner lieu à une réaction expulsive, comme la toux ou le vomissement.

5° Quant à l'influence qu'on accorde au pneumo-gastrique sur la sensation de la faim, sur la sensation de la soif et celle du besoin de respirer, je l'examinerai plus loin avec détails.

En résumé, l'excitation des fibres sensitives du pneumo-gastrique a pour effet de concourir au développement d'impressions en général suivies de *mouvements réflexes* qui se rapportent à l'accomplissement de la déglutition et de la chymification, de la circulation et de la respiration. Accidentellement, et à la suite d'impressions anormales, peuvent se produire d'autres actes moteurs dérivés des mouvements respiratoires, comme la toux et le vomissement. Ce sont là autant d'exemples de relations sympathiques qui, se traduisant à la fois par des manifestations de sensibilité et de mouvement, peuvent rentrer dans la loi du *pouvoir réflexe* de l'axe cérébro-spinal, telle qu'elle a été interprétée par divers physiologistes. Les mouvements indiqués s'accomplissent, pour ainsi dire, fatalement et toujours de la même manière; ils ne dépendent ni de la volonté, ni de l'exercice, ni de l'habitude, et résultent d'une cause organique dominatrice ayant son siége exclusif dans les centres nerveux.

Mais il y aurait erreur grave à croire que, si le concours des fibres sensitives du pneumo-gastrique venait à être supprimé, tous les précédents *actes réflexes* seraient nécessairement enrayés. 1° Indépendamment des filets linguaux, pharyngiens, œsophagiens du pneumo-gastrique, et comme nerfs affectés à la transmission des impressions auxquelles succède la déglutition, se trouvent encore les glosso-pharyngiens et certaines divisions des trijumeaux; 2° outre les fibres du pneumo-

gastrique qui aboutissent à la muqueuse respiratoire, il est évidemment d'autres nerfs dont l'excitation périphérique peut également réveiller les actes de la respiration : dans une syncope, par exemple, on provoque leur retour en jetant de l'eau froide à la face ou sur d'autres parties du corps, ou bien encore en impressionnant vivement la pituitaire à l'aide d'odeurs fortes et pénétrantes; 2° si le rhythme et l'énergie des mouvements du cœur sont modifiés par suite de la section des pneumo-gastriques, assurément ils ne sont pas annulés; 4° enfin, quant aux mouvements de l'estomac, nous verrons plus tard qu'ils ne sont suspendus que dans certaines conditions. Je crois devoir ajouter une réflexion : lorsqu'on songe à la facilité avec laquelle des impressions vives, émanées de tant d'organes auxquels se distribue le grand sympathique, peuvent, en se propageant à l'encéphale ou à la moelle, donner lieu à la réaction de muscles animés même par des nerfs céphalo-rachidiens, on est en droit de se demander si les fibres sensitives du grand sympathique, en se distribuant aux muqueuses du pharynx, de l'œsophage, de l'estomac, des poumons, à la membrane interne du cœur, restent absolument étrangères aux effets réflexes qui ont leur point de départ dans ces mêmes organes. On ne peut ici que rester dans le doute.

Tronc du pneumo-gastrique considéré comme nerf sensitivo-moteur. — L'histoire physiologique du pneumo-gastrique serait bientôt tracée, si l'on devait envisager seulement *la portion ganglionnaire* de ce nerf, c'est-à-dire, en définitive, le pneumo-gastrique proprement dit, qu'on pourrait d'autant mieux assimiler à la portion ganglionnaire du trijumeau, que l'un et l'autre président à des modes de sensibilité variés, et influencent des mouvements réflexes très analogues (1). Seulement, quand on les compare, sous le rapport du volume, on ne tarde pas à s'étonner déjà qu'avec un si petit nombre de fibres initiales le nerf qui nous occupe puisse suffire à donner le sentiment à une surface muqueuse d'une aussi grande étendue. A plus forte raison, dans l'opinion de ceux qui en font un nerf mixte, dès son origine, comment concevoir qu'il possède encore assez de filets moteurs pour animer des organes aussi nombreux ? On veut bien, il est vrai, lui donner en aide la plus faible portion du spinal (*branche interne*) ; mais, dût-on même lui annexer ce nerf tout entier (ce qui serait contraire aux données anatomiques), qu'il paraîtrait encore insuffisant, tant sont innombrables les ramifications du *tronc mixte* du pneumo-gastrique.

Quoi qu'il en soit, puisque ce dernier fonctionne incontestablement comme nerf sensitif et comme nerf moteur, à partir de son ganglion supérieur, cherchons à rendre compte de cette subite transformation, en faisant connaître les sources réelles auxquelles, suivant nous, il emprunte sa double influence motrice, volontaire sur certains organes, involontaire sur le plus grand nombre.

Parmi les nombreux filets nerveux moteurs qui s'adjoignent au pneumo-gastrique, au-dessous du ganglion d'Ehrenritter, les uns sont *directs* et proviennent 1° *de la branche interne* du spinal; 2° du facial (*rameau de la fosse jugulaire*); 3° de la portion verticale de l'hypoglosse; 4° des branches antérieures du premier et du second nerf cervical; 5° les autres, émanés des branches antérieures cervicales et des cinq ou six premières dorsales, sont *indirects*, c'est-à-dire qu'ils traversent d'abord les ganglions cervicaux et dorsaux supérieurs du grand sympa-

(1) Les mouvements réflexes influencés par le trijumeau, auxquels je fais allusion, sont le clignement et l'éternument.

thique, avant d'arriver à leur destination. Tandis que les filets moteurs (*cérébraux* ou *rachidiens*), que j'appelle directs, concourent tous à former le tronc même du pneumo-gastrique, les filets indirects (*rachidiens*) en partie pénètrent dans ce tronc nerveux, et, en partie, forment corps seulement avec ses branches ou ses rameaux.

Aucun physiologiste, que je sache, n'a accordé à ces anastomoses toute l'importance qu'elles méritent, et surtout ne les a considérées du point de vue auquel je vais me placer.

Et d'abord, quelle interprétation faut-il donner de cette multiplicité de sources motrices, qui ne se retrouve pour aucun autre nerf de l'économie, si ce n'est pour le grand sympathique? Convaincu que la nature, toujours prévoyante et fidèle au but de conservation qui domine dans ses œuvres, a multiplié, en proportion de l'importance des fonctions, les moyens propres à en assurer le libre et facile exercice, je pense qu'une particularité différentielle aussi remarquable s'explique par la haute mission physiologique confiée au *tronc mixte* du pneumo-gastrique. En effet, ne tient-il pas sous sa dépendance les principaux viscères dont l'action est indispensable à l'entretien de la vie? Il fallait donc, pour que son intégrité fonctionnelle fût mieux assurée et que la brusque interruption de son influence fût moins facile, qu'il soutirât, à l'aide des nerfs qui lui sont surajoutés, sa force motrice à une grande étendue de l'axe rachidien : car, à l'exemple des autres cordons nerveux, eût-il emprunté, par une simple racine, le principe de son action à une partie limitée des masses centrales (comme le voudraient ceux qui en font un nerf mixte *dès son origine* sans tenir aucun compte des anastomoses qui viennent d'être signalées), une lésion en ce point eût aussitôt suspendu son rôle si important. Dès lors, comment s'étonner de trouver cette disposition exceptionnelle à un nerf dont les usages, si différents de ceux des autres nerfs cérébro-rachidiens, se lient, sans parler même de la circulation, à l'accomplissement des actes essentiels de la respiration et de la digestion?

Après avoir indiqué la source des nombreuses fibres motrices, *directes ou indirectes*, qui entrent dans la composition du tronc ou des branches du pneumo-gastrique, il me reste à aborder cet intéressant problème : Est-il possible de dire, à propos de chacun des organes mentionnés plus haut, lesquelles de ces fibres nerveuses mettent en jeu son activité motrice volontaire ou involontaire? L'expérimentation et l'observation directe permettent de répondre par l'affirmative.

1° Si les troncs des pneumo-gastriques exercent une influence incontestable sur les mouvements organiques du poumon, sur ceux du cœur, de l'œsophage et de l'estomac, cette influence, suivant moi, est due en réalité aux filets moteurs qu'ils empruntent aux branches antérieures cervicales et dorsales supérieures (1), *filets qui ont traversé les ganglions sympathiques correspondants.*

Et d'abord, je rappellerai qu'aussitôt après la mort des animaux, jamais je n'ai vu l'excitation galvanique des *racines* du pneumo-gastrique (d'abord séparées du bulbe), ou des nerfs moteurs anastomosés ultérieurement avec lui (*spinal*, *facial*, *hypoglosse*), être suivie de la moindre réaction des précédents

(1) Les cinq ou six premières branches antérieures dorsales.

organes (1); mais je dois surtout rappeler ici un caractère propre à faire distinguer les parties contractiles, influencées par le grand sympathique, de celles qui dépendent des nerfs cérébro-spinaux. Si l'on fait agir une irritation chimique, mécanique ou électrique sur un nerf moteur cérébro-spinal, on suscite des contractions brusques et, pour ainsi dire, aussi promptes que l'éclair à se montrer et disparaître. Au contraire, les mêmes irritants sont-ils appliqués à des divisions du grand sympathique, la réaction motrice se fait toujours attendre quelques secondes, et arrive à son maximum d'intensité, seulement quand la cause stimulante a déjà été soustraite. Ainsi, dans un cas, la contraction commence et cesse avec l'irritation; dans l'autre, elle ne commence qu'après l'irritation immédiate, et dure plus longtemps qu'elle. Or, comme des expériences directes me l'ont démontré, dans ce dernier cas rentrent les contractions du cœur, de la trachée, des bronches et de leurs divisions (2), de l'estomac et de la plus grande longueur de l'œsophage (3), qui surviennent quand on vient à irriter les *bouts périphériques* des rameaux mixtes du pneumo-gastrique destinés à ces organes. Il me paraît donc rationnel de conclure de cette remarque et des faits négatifs qui précèdent, qu'on ne peut considérer de pareils mouvements comme directement influencés par des nerfs cérébro-rachidiens (*pneumo-gastrique*, *spinal*, etc.), mais que tous ces mouvements dépendent de fibres nerveuses fonctionnellement modifiées, soit par leur passage à travers les ganglions sympathiques indiqués, soit par une influence d'une autre nature. Les précédents viscères n'échappent donc pas à la loi générale qui régit tous les organes dont le jeu est soustrait à l'empire de la volonté, puisque leur activité motrice, comme celle de ces derniers, est subordonnée à des ramifications du grand sympathique.

De ce que les phénomènes respiratoires, circulatoires et digestifs persistent chez un animal privé de ses nerfs spinaux (accessoires de Willis), ce serait évidemment abuser de l'induction de conclure que le pneumo-gastrique doit être *mixte dès son origine* et qu'il préside aux mouvements organiques du poumon, de l'estomac, etc.; car la branche interne ou anastomotique du spinal ne représente qu'un des nerfs si nombreux, à l'aide desquels le tronc du pneumo-gastrique puise dans le centre nerveux son principe moteur, et d'ailleurs elle est destinée, comme on le verra bientôt, à d'autres organes que ceux qui nous occupent.

Comme je l'ai déjà fait observer, des fibres initiales du pneumo-gastrique, dont le nombre paraît déjà si petit relativement à la surface muqueuse si étendue qui leur doit le sentiment, vient-on à soustraire par la pensée toutes celles qui remplissent un pareil rôle, on conçoit à peine qu'il en reste quelques unes pour influencer les mouvements inséparables de trois fonctions justement indispensables à la vie, la digestion, la circulation et la respiration. Si la précédente hypothèse était admise, il s'ensuivrait donc que celui qui parviendrait à trancher isolément ces quelques fibres primitives paralyserait complétement ces fonctions et arrêterait à

(1) J'en excepte l'extrémité supérieure de l'œsophage, et bientôt je dirai pourquoi.

(2) Chez le cheval et le bœuf, dont la tunique contractile des bronches est bien manifestement musculaire, il m'a été facile de constater le mode de contraction dont il s'agit, à l'aide de courants électriques dirigés à travers les rameaux mêmes du pneumo-gastrique. Volkmann a confirmé mes observations d'une manière fort ingénieuse : on adapte à la trachée-artère un tube dont l'extrémité libre, effilée, est en rapport avec la flamme d'une bougie; lors de la réaction des bronches, l'air expulsé déplace et agite la flamme, longtemps après qu'a cessé toute irritation immédiate des nerfs.

(3) En parlant plus loin de l'action du pneumo-gastrique sur l'œsophage et l'estomac, je reviendrai sur le caractère de leurs contractions.

l'instant même le cours de notre existence. Cette mission extraordinaire, dévolue à certains filets originels du pneumo-gastrique, est bien loin d'être prouvée par les expériences, et les explications qui en découlent sont en désaccord formel avec l'anatomie : celle-ci prouve, au contraire, combien la nature a été attentive à multiplier et à étendre les moyens capables d'entretenir le jeu d'organes aussi importants; quel artifice, si j'ose ainsi dire, elle a employé pour atteindre son but de conservation. La disposition du grand sympathique était déjà un exemple de cet artifice admirable; la constitution propre au tronc du pneumo-gastrique (que j'appellerais volontiers *petit sympathique*), en est un autre exemple à mes yeux.

La théorie précédente me semblerait si exceptionnelle que, pour l'admettre, il faudrait y être contraint par les expériences les plus concluantes. Or, ce n'est point ici le cas. Par un procédé qui mutile horriblement les animaux, qui met à découvert le cervelet et *la moelle allongée* (centre des mouvements respiratoires), qui force à soulever le premier de ces organes et conséquemment à tirailler les deux, parviendrait-on à couper *séparément* les racines du pneumo-gastrique, et la mort surviendrait-elle immédiatement, qu'une semblable expérience ne saurait commander la conviction. En effet, combien de fois, en allant à la recherche des filets supérieurs du spinal et surtout des racines du pneumo-gastrique, n'ai-je pas vu les animaux succomber avant même toute section des unes ou des autres! Il n'est pas besoin d'en dire davantage pour démontrer le peu de valeur qu'il faudrait accorder à cette expérience, et pour faire comprendre que les reproches adressés au procédé qui consiste à aller couper les racines du spinal dans le crâne seraient encore bien mieux applicables au cas dont il s'agit, puisque, pour opérer *de visu*, en ayant recours forcément à ce procédé, on aurait à surmonter d'autres difficultés résultant des rapports mêmes des racines du pneumo-gastrique et de leur défaut d'isolement.

2° Nous venons de déterminer les usages des fibres motrices *indirectes* ou sympathiques adjointes au tronc ou aux branches du pneumo-gastrique, et de désigner les divers organes qui subissent leur influence : il s'agit maintenant de faire connaître le rôle et la distribution des filets moteurs cérébro-spinaux, que j'appelle *directs* et qui, au niveau de la région cervicale, plongent tous dans l'épaisseur même de ce tronc nerveux.

Ceux-ci, comme on l'a déjà vu, proviennent 1° du spinal, 2° du facial, 3° de l'hypoglosse, 4° de la première et de la seconde branche antérieure cervicale.

Dans le nerf spinal, il importe de distinguer, comme l'a fait Bendz (1), deux portions, l'une *bulbaire*, l'autre *cervicale*. A cause de ses connexions intimes avec le pneumo-gastrique, la première doit seule d'abord fixer notre attention; la seconde sera étudiée plus tard avec les autres nerfs crâniens moteurs.

Les filets originels de la *portion bulbaire du spinal* (branche interne ou anastomotique des auteurs) proviennent du bulbe rachidien, dans l'intervalle qui sépare la première paire cervicale du nerf pneumo-gastrique. Ils convergent vers le trou déchiré postérieur, et bientôt forment un faisceau intermédiaire à ce dernier nerf et à la *portion cervicale du spinal* (2). Ce faisceau s'accole au tronc du pneumo-

(1) *Tractatus de connexu inter nervum vagum et accessorium Willisii.* Hanniæ, 1836.

(2) J. Spence (*mém. cit.*) croit « que la portion motrice du pneumo-gastrique est formée par des filets de la branche interne du spinal et *par des fibres propres, non ganglionnaires* » : mais ces dernières peuvent être réellement considérées comme faisant partie des racines supérieures du spinal.

gastrique, envoie d'abord quelques filaments dans son épaisseur, puis se subdivise pour aller, d'une part, concourir largement à la formation de la branche pharyngienne, et, d'autre part, se confondre avec le précédent tronc nerveux, non loin de l'origine du nerf laryngé supérieur : aussi est-il impossible de démontrer anatomiquement sa continuité avec le laryngé inférieur, et les preuves de cette continuité sont-elles, comme on va le voir, toutes physiologiques.

Après plusieurs tentatives infructueuses sur des chiens, Bischoff (1) parvint, chez un chevreau, à couper des deux côtés et dans l'intérieur du crâne tous les filets d'origine du nerf spinal : la voix devint rauque d'abord, puis baissa d'autant plus qu'il retranchait un plus grand nombre de filets, jusqu'à ce qu'enfin, tous ceux-ci étant divisés, l'animal devint aphone, comme après la section des nerfs laryngés inférieurs. Dès 1841, j'ai moi-même publié des faits à l'appui de cet important résultat (2) ; et, depuis lors, dans des expériences multipliées, je n'ai cessé de retrouver la confirmation de ce que Bischoff et moi avions reconnu tout d'abord, savoir : que le spinal préside à la phonation spécialement par sa portion bulbaire (*branche interne*) qui, seule, mérite le nom de *nerf vocal* (3).

Mais cette *branche interne* du spinal, qui, à l'exclusion de tout autre nerf, préside aux mouvements vocaux du larynx, a-t-elle aussi sa part d'influence sur les mouvements respiratoires du même organe ? Toutes les fois qu'il m'est arrivé de détruire bien complétement les deux nerfs spinaux, dans l'intérieur du crâne, ou de les arracher par le procédé indiqué, j'ai vu la glotte demeurer ordinairement *immobile* lors des mouvements respiratoires. D'après les observations exactes de C. Bernard, elle restait béante, sans offrir d'ailleurs la tendance à l'occlusion qui survenait aussitôt après la section des récurrents. Mais, parce que dans la composition de ces rameaux entrent des filets du pneumo-gastrique et des filets du spinal, que ceux-ci régissent les mouvements vocaux du larynx, est-on en droit de conclure que « le pneumo-gastrique possède une puissance motrice *propre*... que *seul* il met en jeu l'activité respiratoire de la glotte, de même qu'il anime les mouvements organiques du poumon ? etc. » Je ne le pense pas. Car d'abord, je ne saurais trop le répéter, jamais, en prenant les précautions convenables, je n'ai pu constater la moindre réaction dans le larynx ou ailleurs quand j'ai fait agir l'électricité sur les racines sensitives propres au pneumo-gastrique ; puis l'anatomie autorise à croire que les rameaux laryngés inférieurs ne sont pas formés seulement des fibres qu'on leur suppose généralement. Pourquoi, en effet, *avant de fournir ces rameaux*, les troncs des pneumo-gastriques emprunteraient-ils des filets moteurs justement à des nerfs qui tous concourent aux mouvements respiratoires (*facial*, *hypoglosse*, *première et deuxième branches antérieures cervicales*) ? Pourquoi encore ces filets sympathiques si nombreux confondus avec les nerfs laryngés inférieurs ? Pour qu'il y eût certitude d'avoir réduit ces nerfs aux fibres propres des pneumo-gastriques, et qu'on pût affirmer que de l'influence de ces dernières *seules* résulte la dilatation respiratoire de la glotte après la section des nerfs spinaux, il faudrait donc avoir

(1) *Dissert. cit.*

(2) *Rech. expér. sur les fonct. des nerfs, des muscles du larynx et sur l'influence du nerf accessoire de Willis dans la phonation. Gaz. méd. de Paris*, 1841.

(3) Le procédé de C. Bernard (*mém. cit.*), qui consiste à arracher les nerfs spinaux à l'aide d'une traction exercée sur leur branche externe en dehors du crâne, s'il ne peut servir à vérifier cette intéressante remarque, offre du moins le grand avantage de laisser les animaux survivre à l'opération : j'ai eu bien souvent occasion de le mettre en usage, et, assez généralement, il m'a réussi sur les lapins.

aussi pratiqué, en lieu convenable, celle des deux faciaux, des deux hypoglosses, des deux premières paires cervicales et de tous les filets sympathiques précédents : mais, à cause des nombreuses mutilations qu'elle exigerait, une pareille expérience serait impraticable ou du moins ne pourrait conduire à des résultats concluants, et nous avons déjà prouvé (p. 312) qu'il en est de même de la section intra-crânienne des racines du pneumo-gastrique, faite par le procédé opératoire dont elle nécessite l'emploi.

Pour moi, qui ne puis admettre que le pneumo-gastrique soit mixte dès son origine, je retrouve ici la confirmation d'une loi générale que m'a surtout révélée l'étude attentive de cette paire nerveuse, savoir, que *les moyens d'innervation, propres à entretenir le jeu d'un organe, se multiplient en raison de son importance physiologique.* C'est ainsi qu'on a vu les mouvements organiques du poumon, du cœur et de l'estomac, être influencés par des fibres motrices provenant de nerfs multiples qui puisent leur force dans des points différents des centres nerveux; je démontrerai qu'il en est ainsi pour les mouvements de déglutition. La même loi physiologique s'applique à la dilatation de la glotte, si indispensable à l'entretien de la vie.

Nul doute, comme on l'a vu précédemment, que le spinal (*branche interne*) ne transmette aux muscles intrinsèques du larynx l'influence motrice de laquelle dépendent la tension et le rapprochement des replis vocaux, c'est-à-dire l'appropriation de la glotte à la phonation; et, puisque cette ouverture se resserre pour engendrer les sons, se resserre et se dilate alternativement pour produire certaines modulations de la voix, force est bien d'admettre que l'appareil musculaire laryngien, dans son entier (*M. tenseurs, constricteurs et dilatateurs*), entre alors en exercice. Mais en est-il ainsi dans les mouvements respiratoires du larynx ? Lorsque la respiration est calme, on ne peut constater rien autre chose qu'un écartement permanent de la glotte ou des narines; quand elle devient gênée, ces orifices se dilatent d'abord outre mesure, puis reviennent bientôt à leurs dimensions normales, sans qu'il soit aucunement besoin de l'intervention active de leurs constricteurs. Pour l'ouverture nasale, cette intervention est indispensable, par exemple, dans l'action de flairer; pour l'orifice glottique, elle n'a lieu que dans l'expiration sonore, comme la toux, l'éternument, c'est-à-dire dans des cas où le larynx fonctionne à la fois comme organe phonateur et respiratoire. Quant à la constriction de la glotte, qui s'opère dans certains actes déterminés, *sans émission de sons vocaux*, j'ai démontré son mécanisme par des expériences directes; elle se produit sans le concours et malgré la paralysie de tous les muscles constricteurs intrinsèques du larynx (1).

De ces diverses remarques, il résulte qu'à l'exception des crico-aryténoïdiens postérieurs, qui agissent dans la phonation et dans la respiration, tous les autres muscles laryngiens (*tenseurs et constricteurs*) sont exclusivement vocaux, et que, si la destruction des nerfs spinaux détermine l'aphonie, ce résultat s'explique tout naturellement par leur distribution aux agents musculaires de la phonation, sans

(1) Voy. mon mém. intitulé : *Rech. expérim. sur les agents de l'occlusion de la glotte dans la déglutition, le vomissement et la rumination*, etc. Dans *Arch. génér. de méd.* 1841. — Ces agents sont les muscles palato-pharyngiens et surtout les constricteurs inférieurs du pharynx. Le resserrement de la glotte qui accompagne toute espèce *d'effort* un peu laborieux, est également dû à la contraction de ces mêmes muscles, comme je l'ai reconnu à l'aide d'expériences variées que j'ai faites depuis la publication du précédent mémoire.

qu'il soit, par conséquent, nécessaire de faire intervenir ici une influence nerveuse motrice *spéciale*.

Quant aux muscles crico-aryténoïdiens postérieurs, ils n'en continuent pas moins à remplir le plus important de leurs deux rôles, celui de maintenir la glotte dilatée pour la respiration (1); car si la phonation, fonction secondaire et accessoire, dépend d'un nerf unique et disparaît avec lui, la dilatation respiratoire de la glotte, si essentielle, si indispensable à la conservation de la vie, est sous la dépendance ou plutôt sous la protection de nerfs multiples qui, dans certaines limites, peuvent se suppléer les uns les autres. Aussi, comme je l'ai déjà fait remarquer, précisément avant de donner origine aux récurrents qui animent les muscles crico-aryténoïdiens postérieurs, voit-on les pneumo-gastriques emprunter des fibres motrices à des nerfs qui tous interviennent dans la respiration (2). Pourquoi, d'ailleurs, au lieu de se séparer des pneumo-gastriques à peu près au même niveau que les laryngés supérieurs, les récurrents naissent-ils si bas et parcourent-ils un si long trajet, si ce n'est pour qu'eux-mêmes ou leur tronc puissent d'abord recevoir les fibres motrices destinées à leur venir en aide?

Toutefois, je n'entends pas avancer que ces fibres, à origines distantes et multiples, doivent transmettre le principe nerveux exclusivement aux crico-aryténoïdiens postérieurs : elles le transmettent encore à d'autres muscles qui, à cause de l'importance de leur mission, devaient subir la même loi physiologique ; je veux parler des *muscles constricteurs pharyngiens*. Aussi, comme celle des crico-aryténoïdiens postérieurs, leur contraction persiste-t-elle malgré la destruction des spinaux, sans qu'il soit permis de la rapporter à l'influence propre des pneumo-gastriques, puisque, comme je l'ai dit, l'irritation galvanique de ces nerfs, dans le crâne, laisse le pharynx aussi complétement immobile que le larynx lui-même.

On observe néanmoins quelques légers troubles de la déglutition chez un animal privé de ses nerfs spinaux (3) : ainsi, quand on veut le contraindre à manger vite, quand on l'effraie pendant son repas ou qu'on l'excite en lui pinçant une partie sensible du corps, il survient une sorte de toux rauque due à l'introduction de par-

(1) On sait en effet que leur paralysie, après la section des récurrents, permet aussitôt l'accolement des lèvres de la glotte sous la pression de l'air extérieur qui tend à pénétrer dans le larynx ; d'où la suffocation ou seulement une gêne de la respiration, suivant l'âge des animaux. Je reviendrai sur ce curieux phénomène.

(2) 1° Le *facial* préside non seulement aux mouvements de dilatation respiratoire des ouvertures nasale et buccale, mais encore, ainsi que je l'ai établi ailleurs (*Anat. et physiol. du syst. nerv.*, t. II), à ceux de l'orifice bucco-pharyngé ; et, comme il envoie des filets au pneumo-gastrique, au niveau du ganglion d'Ehrenritter, on peut admettre qu'il doit avoir aussi *sa part* d'influence sur la dilatation de la glotte, de sorte qu'il n'est étranger à aucun des orifices que l'air traverse avant d'arriver aux organes pulmonaires.

2° Dans les inspirations profondes, il y a abaissement considérable du larynx ; quand le bâillement commence, le même phénomène a lieu, la base de la langue se déprime, se creuse en gouttière, et quand il va finir, la base de cet organe se relève et se gonfle, tandis que la pointe se recourbe et s'abaisse, etc. Ces divers mouvements, liés à ceux de la respiration, dépendent soit de l'hypoglosse uni aux deux premières branches antérieures cervicales et à la troisième, soit de l'hypoglosse seulement ; et, puisque, avant la naissance des récurrents qui président à la dilatation de la glotte, l'hypoglosse et les deux premières cervicales donnent des fibres motrices au pneumo-gastrique, on ne saurait, par ces raisons mêmes, leur refuser un but d'utilité, celui de contribuer, pour leur part, à assurer l'innervation de la glotte respiratoire.

3° Enfin, quant aux fibres motrices *indirectes* qui, après avoir traversé des ganglions sympathiques, s'adjoignent aux récurrents, rien ne prouve que, dans ce cas, elles ne puissent aussi prêter un utile concours.

(3) Dans ses expériences, C. Bernard (*mém. cit.*) a aussi observé une certaine gêne de la déglutition, qu'il explique par le *défaut d'occlusion du larynx*.

celles alimentaires, soit dans le vestibule sus-glottique, soit dans les bronches elles-mêmes. Au contraire, quand ces sortes de provocations n'ont pas lieu de la part de l'expérimentateur, la déglutition peut s'opérer sans accidents de cette nature, mais toujours avec une certaine lenteur que, du reste, j'ai vue cesser presque complétement, quelques jours après l'opération, chez un assez grand nombre d'animaux (*lapins*).

A quelle cause faut-il rapporter les troubles précédents? La marche retardée du bol alimentaire explique pourquoi des parcelles d'aliments peuvent être attirées dans les voies aériennes plus aisément qu'à l'état normal; car, à cause même de ce retard, il y a plus de chance pour que la déglutition soit inachevée, au moment où l'on provoque l'animal à faire une inspiration. La rapidité moindre de la déglutition s'explique elle-même par une légère diminution dans la force contractile des muscles pharyngiens; aussi la déglutition des liquides, qui exige des contractions moins énergiques que celle des aliments solides, continue-t-elle de s'exécuter facilement (1). Si d'ailleurs, avec le temps, l'énergie primitive des constricteurs tend à se rétablir, cela prouve que d'autres fibres nerveuses motrices (celles qui ont été indiquées plus haut) peuvent finir par transmettre à ces muscles la même somme de force nerveuse que leur apportaient les rameaux pharyngiens du spinal.

On ne saurait invoquer ici le défaut d'occlusion de la glotte; car, comme j'ai eu bien souvent occasion de le constater, cette ouverture persiste à se fermer au second temps de la déglutition. Des recherches antérieures (2) m'ayant appris que l'occlusion glottique dépend, dans ce cas, non des muscles intrinsèques du larynx, mais des constricteurs inférieurs du pharynx et aussi des palato-pharyngiens (3), je me suis aisément rendu compte de cette persistance. En effet, l'acte musculaire qui chasse les aliments vers l'œsophage, celui qui ferme le larynx, ne sont pas deux actes distincts qui puissent s'isoler; le second résulte inévitablement du premier, il en est la conséquence nécessaire, ou plutôt ces deux actes n'en forment en réalité qu'un seul. Aussi, pour que l'occlusion de la glotte, pendant la déglutition devînt impossible, faudrait-il que la contraction pharyngienne, qui pousse le bol alimentaire, fût elle-même supprimée. Or, elle ne l'est pas après l'ablation des nerfs spinaux, et, en effet, la glotte continue à se fermer. Mais d'ailleurs, cet orifice dût-il rester ouvert, que la déglutition s'accomplirait encore avec la plus parfaite régularité: ayant fait subir une perte de substance à la trachée, immédiatement au-dessous du larynx, et, par cette plaie, ayant introduit dans l'intervalle des lèvres de la glotte une pince qui tenait ces lèvres écartées, maintes fois j'ai vu les animaux avaler des liquides ou des aliments divisés en morceaux extrêmement ténus, sans que jamais rien passât dans les voies aériennes (*Mém. cit.*). A l'appui de ces expériences, j'ai également rappelé les observations de Louis (4) qui a vu souvent la glotte détruite par des ulcérations chez des phthisiques dont la déglutition était néanmoins restée parfaitement régulière (5).

(1) J'ai fait cette dernière observation sur de jeunes chats.

(2) Voy. mon mém. déjà cité, *Sur les agents d'occlusion de la glotte*, etc.

(3) Ces derniers muscles sont animés par des filets du nerf facial, anastomosés avec le glosso-pharyngien.

(4) *Rech. anat. pathol. sur la phthisie.* Paris, 1825.

(5) Cette opinion, que la régularité de la déglutition est due à l'état de contraction de la glotte, avait déjà été combattue par P. Bérard (*Physiol. de Richerand*, t. I, p. 232, 10e édit.), sinon par des arguments expérimentaux, du moins par des réflexions extrêmement judicieuses et pleinement confirmées par mes recherches.

Le mouvement ascensionnel du larynx en avant, associé à celui de la langue, en arrière, dont la base vient s'appliquer sur l'orifice laryngé supérieur, *l'arrêt momentané de la respiration*, qui précède ces mouvements toujours impossibles à exécuter sans cette dernière condition, telles sont les principales causes qui empêchent l'entrée des parcelles alimentaires dans les voies aériennes : quant à l'occlusion de la glotte, effet accessoire et inévitable de la contraction du muscle constricteur inférieur du pharynx (1), on vient d'acquérir la preuve qu'elle ne mérite pas, à ce point de vue, l'importance qu'on lui a généralement accordée. Mais il me reste à démontrer que l'arrêt de la respiration, qui précède nécessairement la déglutition, ne saurait non plus être rapportée à la constriction des voies respiratoires au niveau du larynx. En effet, sur des chiens, j'ai coupé la trachée-artère, et j'ai vu ces animaux, avant de produire le mouvement ascensionnel de leur larynx et de leur langue, suspendre d'abord leur respiration, par le bout inférieur de la trachée, tout aussi aisément qu'à l'état normal, et avaler avec une parfaite régularité. La même expérience m'a réussi sur les lapins, privés de leurs nerfs spinaux, et dont je maintenais les lèvres de la glotte écartées; la déglutition s'est régulièrement accomplie; mais seulement, comme on l'a vu, avec un peu plus de lenteur.

Ainsi, lors de la déglutition normale, sans qu'il soit besoin de l'intervention d'aucune force musculaire antagoniste, le jeu de l'appareil respiratoire s'arrête tout d'abord de lui-même : par cela seul, le pharynx cesse forcément sa fonction respiratrice pour s'approprier exclusivement à la déglutition; puis, le larynx se porte en haut et en avant, la base de la langue en arrière, de manière à clore et à protéger l'ouverture propre des voies aériennes, et, en même temps, a lieu la contraction brusque du pharynx, qui doit chasser le bol alimentaire dans l'œsophage. Voilà donc deux actes (respiration, déglutition) qui se succèdent, et dont la succession même suffit pour prévenir entre eux toute espèce de conflit perturbateur. On ne saurait voir là le moindre antagonisme; et, puisque, de la suspension même de toute respiration résulte nécessairement l'interruption du rôle du pharynx comme conduit de l'air, c'est donc une supposition toute gratuite que d'attribuer aux nerfs spinaux (*branches internes*) une influence nerveuse *spéciale* sur les muscles pharyngiens, influence nécessaire qui aurait pour but, en resserrant l'ouverture laryngée supérieure, d'intercepter temporairement le passage de l'air par le pharynx. Si d'ailleurs, malgré l'ablation des nerfs spinaux, cet organe conserve en effet sa faculté de pousser les aliments vers l'œsophage, c'est qu'évidemment tous les mouvements de déglutition (ascension du larynx et de la langue, contraction pharyngienne, etc.) sont encore possibles; et, s'ils sont possibles, c'est que l'arrêt temporaire de la respiration s'effectue comme je l'ai avancé, sans le concours des nerfs précédents, puisque, sans cet arrêt préalable, il serait absolument impossible d'exécuter les mouvements propres à la déglutition. Par conséquent, il n'est pas permis de rapporter à la persistance des phénomènes respiratoires les légers troubles qui surviennent, dans cet acte important, après la destruction des nerfs spinaux; car, si cette persistance était réelle, au lieu de simples troubles, ce serait l'impossibilité absolue de la déglutition qu'on devrait observer (2). En employant toute

(1) En analysant mes expériences antérieures, P. Bérard (*Cours de physiol.*, t. II, p. 21. Paris, 1849) a présumé avec raison qu'on pourrait envisager l'occlusion de la glotte comme je le fais ici en m'appuyant sur l'expérimentation.

(2) En disant, plus haut, quels sont ces troubles, nous croyons en avoir donné la véritable interprétation.

son attention, toute l'énergie de sa volonté, qu'on s'efforce d'avaler sa salive en laissant persister les phénomènes respiratoires, et jamais on ne pourra y parvenir au contraire, à peine sont-ils suspendus qu'aussitôt le larynx s'enfuit en avant pour chercher un abri protecteur sous la base de la langue, le pharynx se contracte, etc. et la déglutition s'opère.

Quand on songe au nombre des nerfs chargés de transmettre le principe incitateu aux muscles extrinsèques et intrinsèques du pharynx, assurément on ne peut s'éton ner de voir ces muscles agir encore, après la suppression des seuls filets pharyngien de la branche interne ou anastomotique du spinal. En effet, des filets du facial anastomosés avec le glosso-pharyngien, se rendent aux muscles stylo-pharyngien et palato-pharyngien, ainsi qu'aux constricteurs supérieur et moyen ; ces deu derniers reçoivent aussi, des trois ou quatre premières branches antérieures cer vicales, des rameaux qui d'abord traversent le ganglion cervical supérieur, et l constricteur supérie en empruntent d'autres au nerf masticateur (1). Quant au muscle constricteur inférieur, le plus énergique de tous, il est animé non seule ment par des filets *indirects* ou ganglionnaires des trois ou quatre premières cer vicales, mais encore par d'autres qui, venus des dernières, traversent le ganglion cervical inférieur, pour n'aboutir, en général, au pharynx qu'après s'être adjoint aux rameaux récurrents ; et comme ceux-ci se détachent du pneumo gastriqu seulement au-dessous de ses anastomoses avec les deux premiers nerfs cervicaux e avec le nerf hypoglosse, il est permis de croire que ces dernières fibres anasto motiques ne sont étrangères ni à la composition des récurrents qui se ramifien en partie dans le constricteur inférieur, ni, par conséquent, à la transmission du principe nerveux à ce muscle important.

Je puis rappeler que, si la faculté motrice du pharynx lui est assurée par le con cours de nerfs aussi nombreux (masticateur, facial, spinal, hypoglosse, fibre motrices *directes ou indirectes* des branches antérieures cervicales), la facult sensitive du même organe, si utile à la production des mouvements *réflexes* lui est également garantie par beaucoup de paires de nerfs (portions ganglion naires du pneumo-gastrique, du glosso-pharyngien, du trijumeau, fibres sen sitives *directes ou indirectes* des branches antérieures cervicales). Du reste, un pareille répartition nerveuse se trouve bien justifiée par la gravité et la diversit des usages dévolus à ce vestibule des voies digestives et respiratoires.

Le pharynx, qui fait encore partie du tuyau vocal, est susceptible, comme o le sait, de présenter des différences très considérables dans ses dimensions lors d la production de la voix , et c'est dans les divers degrés d'amplitude de cet organ qu'il faut surtout chercher les conditions essentielles des divers timbres : ainsi, l timbre de la voix est d'autant plus clair et maigre que le pharynx est plus raccourc il est d'autant plus sombre et plus volumineux, que le pharynx est plus allongé Or, nous avons déjà dit qu'aussitôt après la destruction des *branches internes* de nerfs spinaux, tous les mouvements du larynx propres à la phonation se paraly sent ; aussi, ceux qui, à l'occasion de l'exercice de cette fonction , ont lieu con curremment dans le pharynx, cessent-ils également de se produire comme auxi liaires inutiles d'une fonction qui n'existe plus.

(1) Portion non ganglionnaire du trijumeau.

J'ai avancé, plus haut, que toujours j'avais vu l'extrémité supérieure de l'œsophage réagir sous l'influence de l'électricité appliquée à la *branche interne* du spinal; ce qui prouve que ce nerf lui fournit, comme au pharynx et au larynx, son contingent de force incitatrice. Il ne me semble pas inutile de rappeler que les fibres musculaires de cette partie du canal œsophagien, comme le démontre l'observation microscopique, appartiennent, du moins en grande partie, à la catégorie de celles qui sont ridées en travers et qu'on observe dans les muscles de la vie animale. J'ajouterai encore que l'influence de la branche interne du spinal sur l'extrémité supérieure de l'œsophage m'a paru s'exercer durant la phonation; car plusieurs fois j'ai pu observer un état de contraction très manifeste à l'origine de ce conduit, pendant que les animaux proféraient des cris violents. En étudiant, plus tard, l'action du tronc mixte du pneumo-gastrique sur divers autres organes, j'aurai occasion de parler de nouveau de l'œsophage.

Je viens de m'appliquer à démontrer la véritable nature du nerf pneumo-gastrique et les usages de ses innombrables anastomoses. Avant d'aller plus loin, il ne sera pas sans intérêt d'examiner la question de savoir jusqu'à quel point la portion ganglionnaire du pneumo-gastrique et les nombreux filets moteurs qui s'y réunissent, peuvent représenter les deux éléments d'une paire rachidienne.

Dans ma manière de voir, le *tronc mixte* du pneumo-gastrique, comme je l'ai dit, se compose : 1° de fibres sensitives appartenant à la portion ganglionnaire de ce nerf; 2° de fibres motrices *directes*, empruntées au facial, au spinal (branche interne), à l'hypoglosse, aux deux premières branches antérieures cervicales, et destinées à des organes volontaires ou semi-volontaires; 3° de fibres motrices *indirectes* qui, venues de toutes les branches antérieures cervicales et des cinq ou six premières dorsales, traversent les ganglions sympathiques correspondants avant de s'unir au tronc du pneumo-gastrique ou à ses rameaux : ces fibres animent des viscères dont l'action est soustraite à l'empire de la volonté (1). Or, si, groupant toutes ces fibres motrices, on les supposait naître d'un point circonscrit de l'axe cérébro-spinal, certes l'esprit serait plus naturellement amené à voir, dans une pareille racine et dans le pneumo-gastrique proprement dit, les deux éléments d'un nerf rachidien. Mais, dans le cas qui nous occupe, pour mieux assurer la force nerveuse motrice, il était nécessaire qu'elle fût alimentée par une grande longueur de l'axe cérébro-spinal, et cette nécessité a déterminé ici une première différence avec une paire spinale; c'est que le mélange entre les filets moteurs et les filets sensitifs ne pouvait s'opérer seulement au niveau des ganglions jugulaires du pneumo-gastrique, comme il a lieu entre les deux racines spinales au niveau des ganglions intervertébraux. Une autre différence essentielle résulte de la présence, dans le tronc ou les branches du pneumo-gastrique, de fibres motrices *indirectes* qui ne devaient point exister dans un nerf mixte rachidien, puisque celui-ci préside à des mouvements exclusivement volontaires.

Du reste, pour établir un rapprochement qui aurait bien quelque intérêt, il me serait facile de démontrer que la portion ganglionnaire du trijumeau n'a pas pour

(1) Il faut y joindre enfin les fibres, dites *grises* ou *organiques*, qui prennent naissance à la fois dans les deux renflements ganglionnaires propres au pneumo-gastrique, dans les ganglions sympathiques cervicaux et dorsaux supérieurs : elles sont assez généralement considérées comme exerçant leur influence sur les actes nutritifs et sécrétoires.

racine motrice exclusive le *nerf masticateur*, mais que les trois nerfs moteurs oculaires, le facial et l'hypoglosse, anastomosés, *bien au delà du ganglion de Gasser*, avec des divisions du trijumeau proprement dit, représentent, pour ce dernier, autant de racines motrices complémentaires. Assurément, on eût pu comprendre, à la place de tous ces nerfs, une seule racine de mouvement, assez volumineuse pour accompagner toutes les ramifications de la portion ganglionnaire du trijumeau, mais évidemment l'interruption du principe nerveux moteur eût été plus facile dans cette racine unique que dans des nerfs multiples provenant de divers points de l'axe cérébro-spinal.

Quoi qu'il en soit, on se tromperait étrangement en supposant qu'une racine, réputée *motrice* par rapport à une autre qui est dite sensitive, doive, pour être ainsi considérée, accompagner nécessairement toutes les divisions de cette dernière. On ne conteste un pareil rôle ni au nerf masticateur relativement au trijumeau, ni à la racine antérieure du deuxième nerf cervical relativement à la postérieure correspondante ; et pourtant cette racine postérieure qui donne le sentiment à la peau de la tête en arrière, le trijumeau qui le donne aux téguments de cette partie en avant, sont loin d'être accompagnés dans tout leur trajet, l'une par des filets de sa racine antérieure correspondante, l'autre par des filets du masticateur qui seraient destinés à tous les muscles sous-jacents.

Une fusion incomplète entre les fibres motrices et les fibres sensitives de deux nerfs différents ne saurait non plus suffire pour autoriser à nier toute analogie entre eux et les éléments d'une paire rachidienne : en effet, on admet cette analogie pour le nerf masticateur et la branche maxillaire inférieure, quoique leurs filaments soient assez facilement séparables sur des pièces macérées et ne s'associent qu'en très petit nombre.

Quant à la *branche interne* ou anastomotique du nerf spinal, qui doit spécialement fixer notre attention, évidemment elle ne représente, pour le pneumo-gastrique proprement dit, qu'une racine motrice incomplète, comme le nerf masticateur pour la portion ganglionnaire du trijumeau : aussi, comme on l'a vu plus haut, le trijumeau et le pneumo-gastrique ne manquent-ils pas de s'associer d'autres racines motrices complémentaires. Cette *branche interne* du spinal, que j'appellerais volontiers *nerf pharyngo-laryngé* à cause de sa distribution, reste d'abord assez distincte du pneumo-gastrique tout en lui donnant quelques filets; mais bientôt elle se confond si bien avec lui, que, dans les nerfs laryngés, par exemple, il devient absolument impossible de distinguer les fibres du spinal de celles du pneumo-gastrique, comme dans un nerf rachidien mixte on ne saurait discerner les filets de la racine sensitive de ceux de la racine motrice. Du reste, on ne saurait contester le rôle de la *branche interne* du spinal comme racine motrice *partielle* du pneumo-gastrique, en alléguant que son origine apparente a lieu dans le voisinage des racines postérieures; car toute l'épaisseur des colonnes antéro-latérales de la moelle étant consacrée au mouvement, évidemment les nerfs qui naissent tout auprès des racines postérieures peuvent être moteurs au même degré que ceux qui naissent à une grande distance de ces racines. L'origine apparente du masticateur, du pathétique, etc., n'a pas lieu sur les prolongements des faisceaux antérieurs de la moelle, et ils n'en sont pas moins des nerfs de mouvement.

Je crois avoir donné précédemment assez de preuves pour démontrer combien il serait irrationnel de croire que le pneumo-gastrique possède, *à son origine*, une faculté motrice propre, parce que la destruction de la branche interne du

spinal (c'est-à-dire de l'une de ses racines seulement) laisse persister les mouvements organiques du poumon, du cœur, du pharynx, de l'œsophage et de l'estomac : aussi je conclus, avec une entière conviction, que la même loi qui régit les nerfs rachidiens, au niveau de leurs racines, doit être appliquée aux nerfs crâniens, et que, par conséquent, il n'existe point de *nerfs mixtes dès leur origine.*

Nous venons d'examiner, sous un point de vue général, le pneumo-gastrique et ses nombreuses anastomoses; il nous reste actuellement à étudier, d'une manière plus spéciale, l'action du tronc mixte de ce nerf sur les divers organes auxquels il se distribue.

Action sur le larynx.

1° *Nerfs laryngés supérieurs.* — Une conséquence intéressante des expériences variées auxquelles j'ai soumis les nerfs laryngés supérieurs, c'est que, des deux rameaux propres à l'un ou à l'autre, *l'externe seul*, par les filets qu'il envoie aux muscles crico-thyroïdiens, *a de l'influence sur la phonation.* En effet, j'ai pu diviser, sur des chiens, les ramuscules nerveux qui animent exclusivement ces muscles, et aussitôt est survenue une raucité singulière de la voix, due au relâchement subit des cordes vocales, raucité que d'ailleurs je faisais disparaître à volonté, en rapprochant, à l'aide d'une pince, le cricoïde du thyroïde, et en remplaçant de la sorte l'action des muscles crico-thyroïdiens sur les replis vocaux. Au contraire, jamais il ne m'a été possible de constater la moindre modification de la voix, après la section isolée des *rameaux laryngés internes*, pratiquée au-dessus du cartilage thyroïde et vers le lieu où ils traversent la membrane thyro-hyoïdienne pour pénétrer dans l'intérieur du larynx.

Ce dernier résultat négatif trouve une nouvelle confirmation dans l'expérience suivante : J'ai galvanisé, sur un grand nombre d'animaux (lapins, chiens, chevaux, bœufs) les rameaux laryngés internes, sans susciter la plus légère convulsion dans le muscle aryténoïdien ou ailleurs; autre preuve que ces rameaux, selon moi, exclusivement sensitifs, n'ont pas pour mission de faire contracter ce muscle (1), et que, par conséquent, on ne saurait admettre, comme on l'a avancé, que la gravité de la voix, succédant à la section des nerfs laryngés supérieurs, dépende de la paralysie du muscle aryténoïdien (2). Mes expériences démontrent, de la manière la plus directe, qu'elle résulte de la paralysie des seuls muscles crico-thyroïdiens.

Le pincement du rameau laryngé interne est très douloureux; ce qu'on s'explique aisément, quand on sait que ce rameau procure, à la muqueuse du vestibule sus-glottique et à celle de la plus grande partie du larynx, leur exquise sensibilité : soumis au même mode d'irritation, le rameau laryngé externe m'a paru être à peu près insensible.

La section complète des deux nerfs laryngés supérieurs n'apporte, du reste, aucun obstacle à l'introduction de l'air dans les voies respiratoires : car les muscles

(1) C'est à tort que Magendie (*Précis élém. de physiol.*, t. I, p. 288) avance une assertion contraire. Plus loin, je prouverai que la contraction du muscle aryténoïdien est sous la dépendance exclusive de filets qui proviennent des nerfs récurrents.

(2) MAGENDIE, *ouv. cit.*, t. I, p. 302.

crico-aryténoïdiens postérieurs, qui sont animés par les récurrents, n'en continuent pas moins de maintenir la glotte dilatée.

2° *Nerfs laryngés inférieurs ou récurrents.* — Chez les animaux, une altération profonde de la voix ou sa perte absolue, ainsi qu'un trouble plus ou moins notable de la respiration, ne manquent jamais de survenir après la section des récurrents : la lésion de ces nerfs, chez l'homme, s'accompagne de symptômes analogues (1)

A. Contrairement à Galien (2) et à d'autres expérimentateurs, qui notèrent l'*aphonie complète* comme résultat persistant de la lésion des deux nerfs précédents, Haller (3) admet qu'à cause de l'influence qu'exercent encore les nerfs laryngés supérieurs, les animaux peuvent n'être pas aphones, et J. Müller (4) partage la même opinion.

Sédillot (5), ayant excisé les récurrents sur quatre chiens, annonce « qu'un de ces chiens aboya distinctement, qu'un autre fit entendre quelques cris aigus et glapissants, et que les deux derniers *restèrent muets.* » Magendie (6) a entendu *plusieurs* animaux, privés de ces nerfs, pousser des cris assez aigus dans des instants où ils éprouvaient une violente douleur. Suivant lui, « ce phénomène s'entend aisément par la distribution des nerfs du larynx ; le *muscle aryténoïdien*, *qui reçoit ses nerfs du laryngé supérieur*, se contracte ; et dans le moment d'une expiration rapide, il applique fortement l'un contre l'autre les cartilages aryténoïdes ; la glotte se trouve assez étroite pour que l'air puisse faire entrer en vibration les muscles thyro-aryténoïdiens, bien qu'ils ne soient point contractés. »

Avant de juger, par voie d'expérimentation, la valeur de cette dernière théorie, sachons préalablement s'il est exact d'avancer que les animaux privés des nerfs laryngés inférieurs puissent encore faire entendre des cris aigus.

Je répondrai négativement pour certains cas, et affirmativement pour d'autres. En effet, j'ai conservé, pendant quatre et cinq semaines, des chiens auxquels les deux récurrents étaient excisés, sans que leur voix se soit jamais rétablie : aucun cri aigu n'était possible, et, quand ces animaux poussaient une violente expiration, comme pour crier, ils faisaient entendre seulement une sorte de ronflement laryngien, en tout semblable à celui qu'on obtient avec un soufflet duquel on expulse l'air avec force à travers un larynx dont la glotte est un peu large. Or, les chiens, sur lesquels je faisais ces dernières observations, étaient adultes ; tandis que ceux qui, quoique privés de leurs récurrents, ont pu encore pousser des cris aigus, étaient tous âgés seulement de quelques mois (7). Si Legallois a reconnu que les effets de la section de ces nerfs sur les mouvements respiratoires du larynx sont singulièrement modifiés par l'âge de l'animal, aucun physiologiste, que je sache, n'avait soupçonné qu'il en fût de même pour la phonation : plus loin, je ferai connaître une configuration de la glotte, particulière aux jeunes animaux, qui doit singulièrement les aider à produire des sons aigus dans la circonstance indiquée.

(1) Voir les faits pathologiques relatés dans le t. II, p. 363 et suiv. de mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerveux.*
(2) *De locis affectis*, lib. I, cap. VI, p. 48, t. VIII. Edit. græc.-lat. de Kühn.
(3) *Elementa physiologiæ*, t. III, p. 409.
(4) *Physiol. du syst. nerv.* Trad. de Jourdan, t. I, p. 322.
(5) *Thèse inaug.*, n° 274. 1829.
(6) *Précis élém. de physiol.*, t. I, p. 294.
(7) J'ai répété ces expériences sur des lapins avec les mêmes résultats.

On ne peut admettre l'explication proposée plus haut par Magendie, qui, sans rechercher comment la voix est conservée dans certains cas, et abolie dans d'autres, après la paralysie des récurrents, rapporte un effet inconstant, de son aveu même, à une cause constante, c'est-à-dire à la persistance d'action du *muscle aryténoïdien*, *qui détermine entre les aryténoïdes un rapprochement nécessaire à la formation des sons aigus.* En effet, d'une part, le muscle aryténoïdien ne saurait agir sur ces cartilages, comme on le suppose, puisqu'il est paralysé par la section même des récurrents; et, d'autre part, les crico-thyroïdiens, animés encore par le laryngé supérieur (rameau externe), peuvent très bien, quoique seuls, en tendant les replis vocaux, entretenir, *si l'animal est jeune*, la glotte dans les conditions nécessaires à la production des sons aigus. Ce fait est d'ailleurs confirmé par la paralysie de ces muscles, que je détermine à l'aide de la section de leurs filets nerveux : celle-ci étant pratiquée, l'animal ne peut plus proférer ses premiers cris, qui, au contraire, continuent après que les laryngés internes sont coupés. C'est donc seulement aux muscles crico-thyroïdiens qu'appartient, dans ces cas, le rôle attribué à tort au muscle aryténoïdien.

Quant à la configuration de la glotte, favorable, chez les jeunes animaux, à la production des sons aigus après l'excision des récurrents, il faut d'abord savoir que cette ouverture présente : 1° une partie antérieure ou *inter-ligamenteuse*, bordée par les cordes vocales; 2° une partie postérieure ou *inter-cartilagineuse* limitée latéralement par les apophyses antérieures des cartilages aryténoïdes. Or, j'ai reconnu que, suivant l'âge, les dimensions relatives de ces deux portions varient beaucoup; qu'ainsi, à une époque assez rapprochée de la naissance, la seconde est infiniment petite relativement à la première, ce qui tient à l'absence presque complète des apophyses antérieures des cartilages aryténoïdes. Aussi, chez les animaux encore assez jeunes, les cordes vocales, par le fait même de leur tension, se rapprochent-elles avec facilité pour permettre des sons aigus; tandis que l'obstacle, qui empêche ceux-ci chez les animaux plus âgés, réside évidemment dans l'ampleur de leur glotte inter-cartilagineuse, dont les dimensions ne sauraient d'ailleurs être suffisamment rétrécies à cause de la paralysie incontestable du muscle aryténoïdien (1).

Afin de démontrer la réalité de l'obstacle indiqué, poussez de l'air dans le larynx d'un animal mort, mais adulte, et il vous sera impossible, malgré la tension des replis vocaux, d'obtenir des sons aigus, si d'abord, pour diminuer la glotte inter-cartilagineuse, vous ne rapprochez les aryténoïdes : au contraire, chez les jeunes animaux, cette dernière précaution est inutile quand les cordes vocales sont tendues; et, par conséquent, l'action des crico-thyroïdiens (*tenseurs de ces cordes*), sans le concours de l'aryténoïdien (*constricteur de la glotte inter-cartilagineuse*), toujours paralysé après la section des récurrents, suffit à la production des sons aigus.

B. Signalons maintenant les troubles plus ou moins fâcheux *de la respiration*, occasionnés par la section des laryngés inférieurs; troubles qui avaient échappé à l'observation de Galien et de la plupart des physiologistes jusqu'à Legallois. Cepen-

(1) Je donnerai plus loin d'autres preuves expérimentales à l'appui de celles que j'ai déjà citées, pour démontrer que la contraction de l'aryténoïdien dépend exclusivement des nerfs laryngés inférieurs.

dant il était arrivé plusieurs fois que les animaux avaient succombé aussitôt après la ligature ou la section des nerfs pneumo-gastriques : ce fait avait été observé par Piccolhomini, Molinelli, Sénac, Haller, etc., qui n'avaient pu en donner une explication satisfaisante. Legallois (1), ayant fait la même remarque sur des chiens âgés de deux jours, cherchait aussi la cause de cet étrange phénomène, lorsqu'une fois, importuné par les cris aigus d'un petit chien du même âge auquel il voulait lier les carotides, il s'avisa, pour le faire taire, de recourir à l'expérience de Galien, c'est-à-dire de lui couper les deux nerfs récurrents qui se présentaient à sa vue. Aussitôt l'animal fit de grands efforts pour respirer, se débattit d'une manière convulsive, et bientôt ne donna plus aucun signe de vie. Legallois dut rechercher dans le larynx la cause d'une mort aussi prompte, et il soupçonna que cette cause consistait dans une diminution subite et considérable de la glotte : le moyen qu'il employa pour vérifier ce soupçon fut de pratiquer une large ouverture à la trachée-artère, au-dessous du larynx, après avoir coupé les récurrents ou les nerfs pneumo-gastriques. L'air pouvant parvenir promptement dans les poumons par cette ouverture, sans passer par la glotte, tous les symptômes de suffocation qu'il avait observés ne devaient plus avoir lieu, si sa conjecture était fondée : l'expérience en démontra la justesse.

Legallois établit que la section des nerfs récurrents produit une suffocation de moins en moins marquée à mesure que les animaux s'éloignent de l'époque de leur naissance, et il donne pour raison de ce fait que l'ouverture de la glotte, relativement à la capacité pulmonaire, s'agrandit à mesure qu'on s'éloigne davantage de cette époque.

La constriction plus ou moins immédiate de la glotte, après la section des récurrents, étant un fait acquis à la science, pouvons-nous en déterminer la cause?

Examine-t-on, sur l'animal vivant, l'intérieur d'un larynx privé de ces nerfs, à chaque mouvement inspiratoire un peu intense on voit la glotte se fermer ou tendre à se fermer, au lieu de s'ouvrir comme il arrive à l'état normal dans ce temps de la respiration ; et l'on reproduit facilement cette tendance à l'occlusion, lorsque, ayant adapté un soufflet à la trachée-artère d'un animal mort, on vient à aspirer l'air par la glotte (2). Au contraire, cette tendance est contre-balancée, dans l'état de vie normal, par l'action des crico-aryténoïdiens postérieurs qui, en se contractant, tiennent les lèvres de la glotte écartées, et préviennent ainsi l'effet de la pression atmosphérique, lors de chaque mouvement d'inspiration. C'est donc évidemment surtout à la paralysie de ces muscles, à celle de la plupart des muscles laryngés et à la pression atmosphérique, que doit être rapportée l'occlusion plus ou moins complète de la glotte, puisqu'on reproduit à volonté ce phénomène sur des larynx privés de vie, et par conséquent de toute action musculaire. Cependant Magendie enseigne que ce sont certains muscles, agissant encore après la section du récurrent, qui tendent à occlure la glotte : ayant rappelé les expériences dans lesquelles, après cette section, on avait vu les bords de cette ouverture se rapprocher tellement, que la mort s'en était suivie, ce physiologiste ajoute : « A l'époque où ces observations ont été faites, il n'était guère possible de se rendre rigoureusement raison de ces phénomènes ; *mais depuis que j'ai fait connaître la manière*

(1) T. I de ses Œuvres, p. 170 et suiv.

(2) Legallois avait obtenu ce résultat en faisant usage d'une seringue au lieu d'un soufflet. L'expérience réussit mieux sur le larynx des jeunes animaux. (T. I, p. 179.

dont les nerfs récurrents et laryngés se distribuent aux muscles du larynx, *cela ne présente plus de difficulté*. Par la section de la huitième paire, à la partie inférieure du cou (ou des récurrents qui n'en sont que les divisions), les muscles dilatateurs de la glotte sont paralysés ; cette ouverture ne s'élargit plus dans l'instant de l'inspiration, tandis que les *constricteurs qui reçoivent leurs nerfs des laryngés supérieurs* conservent toute leur action et ferment plus ou moins complétement la glotte (1). » Il s'agit, en dernier lieu, des muscles crico-thyroïdien et aryténoïdien ; et, afin que le lecteur évite toute méprise sur l'action de celui-ci, dont la contraction serait sous l'influence du laryngé supérieur, il est dit ailleurs : « L'effet de cette contraction est tel, qu'il fait périr asphyxiés les jeunes animaux auxquels les nerfs récurrents ont été coupés (2). »

Ainsi, dans ces passages, nous trouvons deux assertions : 1° le muscle aryténoïdien est animé par les laryngés supérieurs ; 2° c'est lui qui ferme plus ou moins complétement la glotte chez les animaux auxquels on a retranché les nerfs récurrents. Ces deux assertions sont tellement connexes qu'avoir démontré l'inexactitude de la première, c'est aussi avoir annulé la seconde. M'attachant donc surtout à celle-là, je rappellerai d'abord l'expérience déjà relatée, dans laquelle, en galvanisant sur le chien, le cheval, le bœuf, etc., le rameau laryngé supérieur interne, dans le point le plus voisin de l'aryténoïdien, je n'ai point obtenu de contractions dans ce muscle, tandis que celles-ci ont éclaté avec force quand le galvanisme a été appliqué à un certain rameau des récurrents qui sera mentionné plus bas ; par conséquent, nous serions déjà autorisé à conclure de ces expériences qu'il n'est pas permis d'avancer que l'aryténoïdien se contracte sous l'influence du laryngé supérieur. Mais voici encore d'autres preuves pour les esprits plus difficiles à convaincre : je divise durant la vie, chez le chien, la membrane thyro-hyoïdienne et avec elle les *deux rameaux laryngés internes*, que l'on suppose faire contracter le muscle aryténoïdien ; puis je renverse le larynx au-devant du cou de l'animal, en évitant avec grand soin la lésion des récurrents ; alors les mouvements de la glotte peuvent être étudiés avec facilité. On la voit se dilater à chaque inspiration ; mais l'air est-il violemment expiré et un cri se fait-il entendre, le resserrement de la glotte devient très manifeste *et les cartilages aryténoïdes se rapprochent avec force*. Or, de l'aveu de tous les physiologistes, il n'y a que le muscle aryténoïdien qui puisse déterminer ainsi le rapprochement de ces cartilages ; ce muscle n'est donc pas paralysé, et, puisque j'avais coupé les laryngés supérieurs internes, ce ne sont point eux qui excitent sa contraction : les récurrents animent donc à la fois les muscles qui resserrent et ceux qui dilatent la glotte. Aussi venons-nous de voir cette ouverture conserver intacts ses mouvements de constriction et de dilatation après la section des laryngés supérieurs, qui font contracter, parmi les muscles intrinsèques du larynx, seulement ceux qui tendent les cordes vocales (crico-thyroïdiens).

Dès lors, l'expérimentation nous démontre que la première proposition, « *les laryngés supérieurs animent l'aryténoïdien*, » doit être rejetée. Mais, au contraire, la section des récurrents paralysant le muscle aryténoïdien, il pourra paraître superflu de prouver, contre le sentiment de Magendie (3), qu'après cette opération *l'occlusion de la glotte ne saurait être l'effet de la contraction de ce*

(1) *Précis élém. de physiol.*, t. II, p. 351. 1836.
(2) *Ouv. cit.*, t. I, p. 295.
(3) *Ouv. cit.*, t. I, p. 295 ; et t. II, p. 351.

muscle. Voici néanmoins l'expérience qu'à ce propos j'ai cru devoir instituer. Je divise d'abord les deux nerfs laryngés supérieurs, puis le larynx est attiré en avant, de manière que les mouvements alternatifs de la glotte puissent être aperçus dans toute leur intégrité : alors, coupe-t-on un laryngé inférieur, ceux-ci n'ont plus lieu du côté correspondant, et l'ouverture de la glotte diminue de moitié ; ces mouvements cessent tout à fait après qu'on a coupé les deux nerfs laryngés inférieurs, et la glotte s'efface plus ou moins complétement (1), par le rapprochement de ses lèvres, toutes les fois que l'animal fait une inspiration. Or, quels peuvent être ici les agents musculaires de cette occlusion ; dira-t-on encore que c'est l'aryténoïdien ou quelque autre constricteur ? Mais ne voit-on pas que, dans cette expérience, j'ai supprimé les quatre nerfs laryngés, et qu'ainsi tous les muscles propres au larynx sont frappés de paralysie ? Puisque, d'une part, sur le vivant, l'occlusion de la glotte s'effectue en l'absence des forces musculaires, et que, d'autre part, d'après le procédé déjà indiqué, on la reproduit à volonté sur le larynx d'un animal mort, force est bien de reconnaître que la théorie en discussion ne saurait être admise (2).

Comme Legallois, j'ai constaté que le resserrement de la glotte, et par conséquent la suffocation, qui résultent de la section des récurrents, sont beaucoup plus marqués chez les jeunes animaux que chez ceux qui sont plus avancés en âge. J'ai proposé (3) une explication nouvelle de cette différence si tranchée, explication fondée sur des observations directes. Et d'abord, rappelons-nous ce que j'ai dit plus haut, qu'il y a dans la glotte, 1° une partie antérieure ou *inter-ligamenteuse ;* 2° une partie postérieure ou *inter-cartilagineuse ;* que les dimensions relatives de ces deux portions varient selon l'espèce, mais surtout suivant l'âge des animaux. En effet, chez l'homme adulte, la seconde représente seulement le tiers environ de la glotte ; tandis que, dans les espèces que j'ai étudiées à l'état adulte (cheval, bœuf, mouton, chien, chat et lapin), elle constitue environ la moitié postérieure de cette ouverture. En examinant comparativement le larynx de l'homme et celui de ces animaux (le cheval excepté) à une époque rapprochée de la naissance, je me suis convaincu que l'espace inter-cartilagineux est infiniment petit relativement à l'espace inter-ligamenteux, ce qui tient à l'absence presque complète des apophyses antérieures des cartilages aryténoïdes. Il résulte donc de cette disposition anatomique que, dans le jeune âge, les côtés de la glotte sont pour ainsi dire entièrement membraneux, et bordés, dans une étendue infiniment petite, par des cartilages d'ailleurs extrêmement mous et faciles à affaisser. Comme conséquence d'une pareille disposition, après la paralysie des crico-aryténoïdiens postérieurs, qui succède à la section des récurrents, on devra nécessairement observer, lors d'une inspiration, le contact facile et immédiat des bords glottiques dans toute leur longueur ; car ces muscles dilatateurs étaient les seules forces qui pussent, en tenant la glotte ouverte, résister à la pression atmosphérique lors du mouvement inspiratoire (4). Mais, dans un âge plus avancé, les crico-aryténoïdiens postérieurs ne sont plus les uniques agents qui, dans ce temps de la respiration, préviennent l'occlusion de cette ouverture ; alors, en effet, dans son état de repos, la glotte prend la configuration suivante : elle se termine en pointe antérieurement, s'élargit en arrière, et offre un léger rétrécissement dans son milieu, rétrécisse-

(1) Suivant l'âge, et même selon l'espèce des animaux.
(2) Celle que j'adopte a été exposée plus haut.
(3) Dans mon *Mém. sur le larynx.* (*Gaz. méd. de Paris*, 1841.)
(4) Les effets de cette pression sur cet orifice ont déjà été étudiés précédemment.

ment qui est dû aux apophyses aryténoïdiennes antérieures, actuellement très développées et même un peu recourbées en dedans. Les crico-aryténoïdiens latéraux viennent-ils à se contracter, ou, le larynx étant paralysé, la pression atmosphérique intervient-elle, les sommets de ces apophyses se rapprochent, se touchent même, comme je l'ai démontré par des expériences directes; la glotte inter-ligamenteuse est, dans ce cas, rétrécie ou occluse, tandis que la glotte inter-cartilagineuse demeure ouverte et circonscrite par des bords curvilignes, résistants, cartilagineux, susceptibles même de devenir osseux avec les progrès de l'âge. L'air pourra donc continuer à traverser ce dernier orifice, à parois peu compressibles et mal vibrantes, d'où le peu de gêne dans la respiration qu'entraîne la section des récurrents, chez les animaux adultes et surtout âgés, d'où aussi l'impossibilité pour eux, comme je l'ai reconnu et indiqué plus haut, de produire des sons aigus après cette opération.

Un fait assez digne d'intérêt s'est encore révélé à mon examen, en observant les animaux qui avaient subi l'excision des nerfs laryngés inférieurs; je veux parler de l'accroissement numérique des inspirations dans un temps donné. On peut établir assurément que toujours la respiration est plus fréquente; seulement, diverses circonstances, et surtout l'âge, apportent de très grandes différences dans les résultats. Le nombre d'inspirations qui, chez un chien *adulte*, est de 18 à 20 par minute, s'élève après l'opération, à une moyenne de 30 à 32; tandis que chez les chiens âgés à peu près de trois mois, qui, dans une minute, respirent 22 à 25 fois, on peut compter jusqu'à 48 inspirations; le lapin adulte, qui fait de 60 à 70 inspirations dans le temps indiqué, peut en offrir jusqu'à 100 et même 108. Il faut faire toutes ces observations sans que les animaux s'aperçoivent, pour ainsi dire, qu'on s'occupe d'eux; autrement la respiration se précipite encore, devient suspirieuse, comme quand on les force à marcher et surtout à courir, ce qui, dans ce dernier cas, les fait tomber quelquefois comme suffoqués (1). Il est facile de trouver la cause pour laquelle les animaux, après la section des récurrents, respirent plus vite qu'à l'état normal : la glotte n'a-t-elle pas naturellement des dimensions ainsi calculées, qu'elle livre passage à la quantité d'air indispensable pour convertir, dans un temps donné, telle quantité de sang veineux en sang artériel et nutritif? Dès lors, si, après cette opération, ces dimensions sont moitié moindres, il est clair que, pour établir une compensation, le nombre des inspirations devra devenir moitié plus considérable.

Malgré la précipitation qu'occasionne, dans les mouvements respiratoires, la paralysie des récurrents, la vie peut-elle être encore de longue durée? Si nous éliminons tous les cas dans lesquels la glotte s'est immédiatement rétrécie assez pour gêner en peu de jours l'hématose, nous dirons qu'en particulier les chiens *adultes* ne sont point assez incommodés de la section des récurrents pour en périr. En effet, ceux que nous avons conservés, pendant cinq semaines, ont joui, durant ce laps de temps, d'une très bonne santé; après les avoir tués, nous avons trouvé leurs poumons parfaitement perméables et exempts de toute trace d'engouement.

De tout ce que nous venons de dire touchant l'influence variable des récurrents sur le degré d'ouverture de la glotte, il résulte que, pour apprécier les effets de la section des pneumo-gastriques sur les viscères de la poitrine en particulier, il faut

(1) Il ne saurait être question ici des tout jeunes animaux, chez lesquels la section des laryngés inférieurs entraine une suffocation presque immédiate.

bien connaître d'avance ceux de la section des récurrents eux-mêmes. Nous reviendrons sur cette importante remarque.

Dans le but de déterminer par la voie expérimentale l'action des divers muscles propres au larynx, j'ai galvanisé isolément chacune des divisions principales du nerf récurrent (1) : ici, je me bornerai à démontrer, à l'aide de ce procédé, que la contraction de l'aryténoïdien est bien soumise aux nerfs laryngés inférieurs et non aux supérieurs; ce sera seulement une preuve de plus à ajouter à celles que j'ai déjà produites à l'appui de cette assertion. Sur le larynx d'un bœuf, d'un cheval ou même d'un chien récemment tués, après avoir détaché rapidement de la plaque du cartilage cricoïde les muscles crico-aryténoïdiens postérieurs, je les renverse de dedans en dehors et mets à découvert les filets de chaque récurrent qui remontent vers le muscle aryténoïdien. Ces filets, je les unis en les croisant et leur applique le courant d'une pile assez faible ; aussitôt le muscle aryténoïdien entre en action et la glotte se rétrécit par le rapprochement des cartilages aryténoïdes. Au contraire, je l'ai dit, on n'observe pas le moindre frémissement dans ce muscle ou dans ces cartilages, en agissant de la même manière sur les rameaux laryngés supérieurs *internes* qui, par conséquent, n'ont point le rôle qu'on leur attribue généralement.

Les nerfs récurrents se distribuent donc à la fois aux agents constricteurs et dilatateurs de la glotte, et il est inexact de prétendre que l'occlusion de la glotte qui suit, dans certains cas, la section de ces nerfs, soit due aux muscles constricteurs qui conserveraient encore leur action (2).

Le pincement et la section des nerfs laryngés inférieurs ont été à peine sentis par les divers animaux qui ont servi à nos recherches.

Action sur la trachée, les bronches et les poumons.

La trachée, les bronches et leurs divisions sont tapissées par une membrane muqueuse doublée, en dehors, par une couche de fibres contractiles qui sont visiblement musculaires chez les grands animaux (3) ; c'est le tronc mixte du nerf vague qui préside à la sensibilité de l'une, à la contractilité de l'autre. En effet, 1° après avoir versé quelques gouttes d'eau dans la trachée-artère d'un chien, ce qui provoque une toux convulsive, lui divise-t-on au col les deux nerfs précédents et même alors remplace-t-on l'eau par un acide concentré, l'animal ne tousse plus et n'éprouve aucune sensation douloureuse de la cautérisation de sa muqueuse respiratoire ; 2° chez le cheval et chez le bœuf, j'ai vu les divisions bronchiques se contracter sous l'influence des irritants mécaniques ou galvaniques appliqués aux rameaux mêmes de la huitième paire (4), observation qui a été confirmée par les expériences plus récentes de Volkmann (5).

(1) *Mém. cit.*

(2) Quant à l'occlusion de la glotte qui accompagne la déglutition, le vomissement, les efforts, etc., j'ai déjà dit, en étudiant *la branche interne* du spinal, quels étaient ses véritables agents musculaires. Pour les détails, voyez mon mémoire ayant pour titre : *Rech. expériment. sur les fonct. de l'épiglotte, et sur les agents de l'occlusion de la glotte dans la déglutition, le vomissement et la rumination.* Dans *Arch. génér. de méd.* 1841.

(3) REISSEISEN, *Ueber den Bau der Lungen*, Berlin, 1822. — EBERHARD, *De musculis bronchialibus.* Marburgi, 1817.

(4) KRIMER, *Untersuchungen über die næchste Ursache des Hustens*, p. 942. — WEDEMEYER, *Untersuch. über den Kreislauf*, p. 70. — Ces deux physiologistes ont vu les fibres bronchiales se contracter sous l'action immédiate des irritations mécaniques ou électriques ; mais, ayant agi sur des animaux d'une taille médiocre (chiens ou cabiais), ils n'avaient pas songé à appliquer ces irritations aux divisions du nerf vague.

(5) *Nervenphysiologie in R. Wagner's Handworterb. der Physiol.*, II, 1845.

Outre la sensibilité générale dont nous venons de parler, la muqueuse respiratoire offrirait, selon quelques auteurs, d'autres modes de sensibilité plus directement liés à la respiration.

Suspendez votre respiration, et bientôt vous serez en proie à une vive anxiété due à la non-satisfaction d'un besoin impérieux; l'introduction de l'air sera réclamée avec urgence, en vertu d'une sensation interne désignée sous le nom de sensation du besoin de respirer: mais l'air, une fois introduit et devenu impropre à la respiration, donnera lieu à une autre sensation interne qui en sollicitera l'expulsion ; d'où il suit que chacun des mouvements respiratoires est précédé par un sentiment particulier qui commande impérieusement leur exécution, en les rendant tantôt plus lents, tantôt plus rapides.

Le nerf pneumo-gastrique a-t-il de l'influence sur ces sensations, comme sur la sensibilité générale de la muqueuse pulmonaire? Rolando (1), Broussais (2), Brachet (3), Andrieu (4), Arnold (5), etc., admettent qu'elles sont toutes abolies, après la section de cette paire nerveuse. Mais, si le besoin de respirer ne se fait plus réellement sentir, pourquoi les mouvements de la respiration persistent-ils? Brachet les rapporte à l'habitude contractée par le système nerveux de faire mouvoir les muscles respirateurs: quoiqu'une pareille interprétation, d'ailleurs admise par Arnold, mérite à peine d'être combattue, je dirai néanmoins que, souvent, chez les animaux, en coupant la cinquième paire dans le crâne, j'ai supprimé, avec la sensibilité générale et spéciale de l'œil, la sensation du besoin de cligner, et qu'alors les mouvements de clignement qui, dans la théorie que j'examine, auraient dû encore se produire par l'effet de l'habitude, n'ont jamais été observés. Qu'on ne vienne pas objecter que les cas ne sont point assimilables. Leur analogie est plus grande qu'on ne le suppose; car si les deux sortes de mouvements dont il s'agit, de respiration et de clignement, sont modifiables dans leur rhythme par la volonté, ils ne peuvent être suspendus, au delà d'un terme très court, par la seule intervention directe de cette force; aussi ces mouvements appartiennent-ils à la classe de ceux qu'on nomme *semi-volontaires* et que l'on fait en partie dépendre du *pouvoir réflexe* ou excito-moteur de l'axe cérébro-spinal.

Marshall-Hall pense qu'après qu'on a divisé la paire vague, la respiration, devenue exclusivement volontaire, s'entretient par l'action des lobes cérébraux; ce qui revient à dire que l'animal respire encore parce qu'il *veut* respirer. Après l'ablation de ceux-ci, la paire vague demeurant intacte, la respiration continuerait, non plus comme acte volontaire, mais comme dépendante du *système excito-moteur* par l'entremise de cette paire nerveuse. Vient-on à supprimer à la fois le concours des lobes cérébraux et des deux pneumo-gastriques, les mouvements respiratoires cesseraient, selon Marshall-Hall, parce qu'ils ne sauraient plus se produire ni sous l'influence volontaire, ni sous l'influence excito-motrice. A cette ingénieuse théorie, je n'ai qu'un mot à répondre, c'est que j'ai vu constamment la respiration persister en l'absence simultanée des lobes cérébraux et des nerfs pneumo-gastriques.

Si, après la section des deux pneumo-gastriques, les mouvements respiratoires

(1) Extrait dans *Arch. génér. de médec.*, t. V.
(2) *Journ. univ. des sc. médic.*, t. XII, et *Traité de physiol. path.*, t. II.
(3) *Rech. expériment. sur les fonct. du syst. nerv. gangl.*; 2e édit., 1837, art. RESPIRATION.
(4) *Thèse inaug.*, 1837, 2e série, n° 7, t. LIII. Strasbourg.
(5) Dans *Arch. génér. de médec.*, août, 1840, p. 346.

ne sont point arrêtés, c'est, selon nous, parce que la sensation du besoin de res-
pirer est loin d'être abolie : du reste, notre sentiment ne manquera point d'êt
partagé par quiconque aura été témoin attentif de l'état de malaise, d'anxiété
d'angoisse auquel sont en proie les animaux dont les nerfs vagues viennent d'êt
excisés; il est clair que les efforts qu'ils exécutent pour faire entrer le plus d'a
possible dans leurs poumons ne peuvent s'expliquer qu'en admettant une cau
impulsive interne que je ne suppose point être la volonté, mais bien le besoin pe
sistant d'inspiration (1).

J. Reid (2) pense aussi que « la sensation d'anxiété que produit le besoin d'u
nouvel air pour les poumons n'est point anéantie. » Burdach (3) et d'autr
physiologistes émettent la même opinion.

A la vérité, depuis Valsalva (4), beaucoup d'expérimentateurs, au nombre des
quels je citerai surtout Dumas (5), de Blainville (6), Dupuy (7), Broughton (8
Mayer (9), ont observé, après avoir divisé les nerfs vagues, la diminution d
nombre des inspirations : nous-même, en la constatant bien des fois sur des lapi
et principalement sur des chiens, avons noté que ce nombre baissait d'autant pl
que, pour eux, le terme fatal était plus proche. Puisque, toutefois, le chiffre d
mouvements inspiratoires diminue peu d'instants après l'opération, il n'est do
pas possible de rapporter, au moins d'abord, la cause de ce remarquable phéno
mène à l'affaiblissement des animaux.

Pour s'expliquer comment, d'une part, après la section des pneumo-gastrique
les mouvements respiratoires sont conservés, et comment, de l'autre, ils son
néanmoins devenus plus rares, ne pourrait-on pas, tout en reconnaissant la per
sistance du besoin de respirer, en placer le siége et la condition essentielle, non
la surface muqueuse pulmonaire, mais dans les centres nerveux, et admettre, e
même temps, que ce besoin doit devenir plus actif, plus impérieux, sous l'influenc
d'impressions qui, partant de la muqueuse respiratoire, sont transmises à c
centres par les pneumo-gastriques? Si donc on interrompt cette paire nerveu
dans son trajet, l'impression excitatrice de l'air n'étant plus perçue, la sensation d
besoin d'inspirer pourra s'amoindrir, et, par conséquent, exigera des mouve
ments d'inspiration moins souvent répétés.

Quant à l'hypothèse, dans laquelle le nerf grand sympathique est aussi regard
comme propre à transmettre à un centre perceptif l'impression de l'air sur la mu
queuse des poumons, et comme apte, par cette raison même, à exciter le besoi
respiratoire, quoique aucune preuve expérimentale ou autre ne la confirme, c
n'est peut-être pas suffisamment autorisé à la rejeter d'une manière absolue.

Il est une portion circonscrite de l'axe cérébro-spinal, dont la destruction annu
sur-le-champ toutes les puissances respiratrices : cette portion, qui se renconti
à la hauteur du bulbe rachidien, ne peut-elle pas, à bon droit, être considére
comme le siége du besoin de respirer, et le point central vers lequel converge

(1) *Annales des sc. nat.*, 2e série, t. VII. *Zool.*, 1837, p. 361.
(2) *Gazette médic.*, 1838.
(3) T. IX de sa *Physiol.* Trad. de Jourdan, art. RESPIRATION.
(4) 13e lettre, *Anatom. de Morgagni*, art. 30, édit. des Œuvres de Valsalva.
(5) *Biblioth. médic.*, t. XXIV, p. 3. 1809.
(6) *Dissert. inaug.*, 1808, n° 114.
(7) *Journ. génér. de médec.*, t. XXXVII et t. LXXI.
(8) *Journ. de physiol. expériment.*, t. 1, p. 120.
(9) *Journ. compl. du Dictionn. des sc. méd.*, t. XXVI, p. 110. 1826.

les impressions faites à la muqueuse pulmonaire ? Pour annihiler ce besoin, de la satisfaction duquel dépend la vie, on conçoit donc qu'il ne faudrait pas seulement, comme le supposent quelques auteurs, couper les nerfs vagues, mais détruire le bulbe rachidien lui-même.

Ces nerfs semblent n'exercer qu'une action indirecte sur *l'hématose*. Si, après leur section, cet acte essentiel se trouble de plus en plus, au point même de cesser entièrement, il faut en chercher la cause dans les altérations graves et croissantes, qui se développent peu à peu dans l'appareil respiratoire, et non dans la suppression d'une influence nerveuse immédiate. Le défaut d'un entier renouvellement d'air respirable, par suite de la paralysie de la couche musculeuse des bronches, doit aussi, selon nous, être pris en sérieuse considération.

C'est ici surtout qu'il est de la plus haute importance de rappeler le mode d'agir des nerfs récurrents sur la glotte ; car, en n'en tenant pas compte, on ne manquerait point d'arriver à des inductions différentes sur le rôle du nerf vague dans l'hématose. En effet, coupez-le pour rechercher son action sur elle, et négligez le rétrécissement de la glotte dû à la paralysie des récurrents ; parce que le sang, au lieu de jaillir rouge et rutilant par l'ouverture béante d'une artère, en sortira foncé et presque noir, vous en déduirez l'intervention nécessaire et directe des pneumo-gastriques dans la révivification du sang veineux ; tandis que d'autres expérimentateurs, qui auront d'abord neutralisé les fâcheux effets de la section des récurrents en pratiquant la trachéotomie, émettront une opinion opposée. Les assertions de Dupuytren (1), qui, dans ses expériences, ne fit point cette opération préalable, furent combattues par Dumas de Montpellier, et surtout par Legallois, qui démontrèrent que, dans les cas observés par l'illustre chirurgien, le trouble immédiat de l'hématose avait dépendu de l'introduction d'une quantité d'air insuffisante dans les voies respiratoires, *rétrécies au niveau du larynx*. Cette dernière remarque appartient exclusivement à Legallois ; car Dumas n'avait aucunement déterminé le siége et la nature de l'obstacle qui, alors, s'oppose au libre accès de l'air dans le tissu des poumons.

Ce libre accès étant ménagé, il est incontestable qu'après la section des pneumo-gastriques, le sang veineux continue, pendant un certain temps, à acquérir la *coloration artérielle*, que l'air est d'abord vicié, comme avant l'opération, que l'oxygène est encore absorbé et l'acide carbonique exhalé, etc. Toutefois, ces faits ne sauraient autoriser à conclure avec certitude que la sanguification artérielle puisse s'effectuer d'une manière complète sans le concours du système nerveux ; car, en admettant même qu'un pareil résultat fût possible en l'absence des pneumo-gastriques, il existerait toujours l'influence probable du grand sympathique, qui, à cause de la disposition même de ce nerf, ne peut être constatée.

Beaucoup d'observateurs, ayant eu occasion de couper les nerfs pneumo-gastriques, ont reconnu, après la mort, la présence d'un épanchement écumeux dans les bronches et d'un engorgement sanguin du tissu pulmonaire (2). De plus, j'ai

(1) *Expér. touchant l'influence que les nerfs pneumo-gastriques exercent sur la respiration.* Dans *Biblioth. méd.*, t. XVII, p. 1. 1807.

(2) Pour la description détaillée de ces altérations et leur mode de développement, voyez mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. II, p. 299 et suiv. Paris, 1842. D'après ses expériences, TRAUBE (*Beiträge zur experim. Physiol. und Pathol.* Heft I, Berlin, 1846) soutient que les altérations de l'appareil respiratoire, qui succèdent à la section de la paire vague, sont dues exclusivement à l'introduction, dans cet appareil, de la salive et des mucosités du pharynx, ou encore

vu constamment (1), et Valentin a confirmé mes observations, *l'emphysème vésiculaire du poumon* s'adjoindre à ces altérations, ou même parfois se manifester isolément, soit dans un seul poumon, l'autre étant engoué, soit dans les deux à la fois, et, dans ce dernier cas, la mort survenir par défaut d'hématose, comme si les organes pulmonaires eussent été généralement engorgés. Voici comment je me suis expliqué le développement de la lésion précédente et ses fâcheuses conséquences :

L'expiration, quoique puissamment aidée par l'affaissement du thorax, aurait été impropre à chasser l'air des dernières divisions des bronches, si, à l'élasticité qui ne peut les ramener qu'à leur diamètre naturel, n'eût été adjointe l'action d'un tissu contractile qui, les resserrant au-dessous de ce diamètre, concourt à les vider plus complétement. Un pareil concours était d'autant plus indispensable que l'air, qui persiste dans les parties les plus profondes du parenchyme pulmonaire, étant chargé d'acide carbonique, est plus dense et, par conséquent, d'une expulsion plus difficile. Or, j'ai déjà démontré, par une expérience directe, que la contraction des fibres musculaires des bronches est soumise à l'influence de la huitième paire d'abord anastomosée avec des filets du grand sympathique. Si l'on divise cette paire nerveuse, les fibres précédentes, qui forment comme des muscles respirateurs internes, sont donc dépossédées de leur activité propre, d'où il résulte que de l'air, dépouillé de ses éléments respirables, et peu à peu saturé d'acide carbonique, séjournera, en vertu de sa densité, dans les divisions bronchiques dont la seule élasticité, quoique persistante, ne saurait suffire à son expulsion. Dès lors, ne se débarrassant plus d'un air vicié qui augmente de plus en plus, en même temps qu'il se dilate, les vésicules pulmonaires finissent par se distendre. Le sang qui parcourt le réseau capillaire du poumon, au lieu d'être en contact médiat avec un air incessamment renouvelé et capable de lui fournir le principe de sa révivification, finira donc, au bout d'un certain temps, par n'être plus en rapport, pour ainsi dire, qu'avec de l'acide carbonique (l'eau de chaux en dénote la présence) ; et l'animal, comme s'il était plongé dans une atmosphère chargée de ce gaz nuisible, devra bientôt cesser de vivre, parfois même avant que le trouble circulatoire du poumon vienne engouer ou oblitérer les vésicules de cet organe.

Un trouble partiel dans l'innervation de la huitième paire de nerfs ne pourrait-il pas expliquer certains emphysèmes pulmonaires qu'on observe dans l'espèce humaine, et qui ne sont liés à aucune autre altération organique appréciable?

Mayer de Bonn (2), se fondant sur les résultats constants de ses autopsies, a été conduit à voir dans la fluidité du sang un produit de l'action du pneumo-gastrique, et il a attribué à l'abolition de l'influence de ce nerf le développement des coagulums qu'il a trouvés dans les vaisseaux pulmonaires : d'autres physiologistes ont prétendu que la coagulation du sang dans ces vaisseaux ou dans les cavités du cœur était un simple effet cadavérique. Afin d'avoir une opinion arrêtée à ce sujet, je procédai comme il suit : Au lieu d'attendre, comme les autres expérimentateurs, la mort des animaux (chiens) auxquels j'avais coupé la paire vague, je les tuai à différentes époques pour examiner immédiatement l'état du sang dans les poumons et

de parcelles alimentaires. MENDELSSOHN (*Der Mechanismus der Respirat. und Circulat.*, etc. Berlin, 1845) affirme que ces altérations reconnaissent pour cause première le resserrement de la glotte, qui s'oppose au libre accès de l'air dans les poumons. Ces deux assertions sont également inexactes.

(1) *Note sur une nouvelle cause d'emphysème pulmonaire.* Dans *Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, 1842.

(2) *Mem. cit.*

le cœur. Au bout de vingt heures, quand il n'y avait point d'engouement pulmonaire ni d'emphysème, j'ai toujours trouvé le sang très fluide. Après trente-six heures, des caillots noirs, très mous, peu volumineux, ayant la consistance de la gelée de groseille un peu fluente, ont été rencontrés dans les oreillettes, les ventricules du cœur, l'artère pulmonaire et l'aorte à leur origine; l'engorgement des poumons ou leur emphysème était alors manifeste dans certains points. Vers le troisième et surtout le quatrième jour, ces dernières lésions étant portées au plus haut degré, j'ai trouvé des caillots assez solides, décolorés, jaunâtres, insinués entre les colonnes charnues des ventricules et des oreillettes; il y en avait quelques uns dans les artères et les veines pulmonaires jusque dans leurs ramifications. Schiff (1) a répété les mêmes observations sur des chiens. Il est donc démontré, pour nous, que ces concrétions sanguines, déjà mentionnées par Willis (2), Lower (3), Baglivi (4), Valsalva (5) et Emmert (6), peuvent se produire antérieurement à la mort des animaux : par conséquent, ne semble-t-il pas rationnel d'admettre qu'elles doivent concourir à la déterminer, en s'associant à d'autres conditions funestes? Reconnaissons toutefois, puisque nous avons vu souvent des cas où la mort était survenue sans elles, qu'on ne saurait les considérer, avec Mayer, comme la produisant d'une manière exclusive et constante.

Action sur le cœur.

Les résultats que j'ai obtenus de la stimulation directe des nerfs cardiaques fournis par les pneumo-gastriques ont déjà été exposés plus haut (p. 76). J'ai fait aussi connaître (p. 211) le sentiment d'autres expérimentateurs qui, considérant cette paire nerveuse comme l'agent exclusif de transmission de la force incitatrice du cœur, accordent à ce dernier organe un mode de réaction tout spécial quand la même paire vient à être stimulée à l'aide d'un appareil électro-magnétique.

On a déjà pu conclure de ces faits que le tronc mixte du pneumo-gastrique, au col, exerce une influence réelle sur les contractions cardiaques ; mais cette conclusion est encore confirmée par les phénomènes insolites que présente le cœur, après qu'on a supprimé la précédente influence.

Valsalva, Petit, Molinelli, Dupuy, Broughton, et surtout Mayer de Bonn (7), ont signalé l'accélération des battements du cœur comme accident consécutif de la division ou de la ligature des pneumo-gastriques. Ainsi, tandis que la respiration se ralentit, l'activité du cœur serait augmentée. « Ce dernier résultat, dit Mayer, est peut-être nécessaire pour pousser la quantité convenable de sang dans les vaisseaux pulmonaires, qui se remplissent de caillots, et qui, par conséquent, sont plus ou moins obstrués. » Je ne saurais d'abord admettre l'explication de Mayer, puisque, en l'absence de ces caillots et de l'engouement pulmonaire, j'ai constaté cette sorte de sur-activité du cœur ; mais, de plus, je suis en droit d'affirmer que ce phénomène ne dépend pas de la crainte ou des émotions qui pourraient agiter les animaux mis en expérience. En effet, après la section de la paire vague, chez les chiens en particulier, une anxiété turbulente se manifeste d'abord ;

(1) Mém. lu à la Soc. d'hist. nat. de Francfort-sur-le-Mein, en janvier 1847.
(2) *Cerebri anatom.*, etc., Amsterdam, 1664, p. 194 ; in-18.
(3) *Tractatus de corde*, 1708, p. 90 et seq.
(4) *Opera omnia*. Lugd., 1710. — *Dissert. de anat.*, nos 7 et 8, p. 676 et seq.
(5) *Epist.* 13, *cit.*
(6) *Arch. de physiol de Reil*, t. IX et XI.
(7) *Ouv. cités.*

elle est bientôt remplacée par l'abattement, par une tristesse morne et insouciante qui permettent d'appliquer la main sur la région précordiale, sans que ces animaux paraissent s'en apercevoir. Alors, au lieu de 60 à 70 pulsations normales, j'ai trouvé une moyenne de 150 : mais il faut surtout noter que les battements du cœur sont tremblotants, inégaux et moins énergiques que dans les conditions physiologiques ordinaires. Ces phénomènes s'observent le jour même, le lendemain, etc., de l'expérience, ce qui doit exclure l'idée de les regarder seulement comme des signes précurseurs de la mort. Du reste, je me les explique de la manière suivante :

Si, comme l'enseignait Boerhaave, le contact du sang avec la membrane interne du cœur est une cause excitante des mouvements de cet organe, il n'est guère possible de nier que les modifications du sang puissent changer ces contractions dans leur nombre, dans leur régularité; et l'on a admis que certaines maladies fébriles ne reconnaissent pas d'autres causes que les altérations du fluide sanguin : or, en vertu de raisons précédemment exposées, il arrive au cœur gauche, après la section des nerfs vagues, un sang imparfaitement artérialisé; celui-ci produit sur le viscère (riche encore en filets nerveux du sympathique), une impression pénible qui provoque des contractions plus répétées et tendant à expulser, de son intérieur, un stimulus anormal, ainsi que cela arrive à l'intestin excité d'une manière antiphysiologique.

Action sur l'œsophage (1).

Une membrane muqueuse, offrant une sensibilité assez obtuse, tapisse l'intérieur de ce conduit : néanmoins, une substance fortement âcre et irritante, un corps doué d'une température très élevée ou très basse, viennent-ils à le parcourir, on y ressent bientôt une impression de brûlure, de chaleur ou de froid, qui a le *pneumo-gastrique* proprement dit pour agent de transmission.

Mais l'œsophage présente surtout des contractions qui poussent, accumulent et retiennent les aliments dans l'estomac : la force de ces contractions peut s'estimer par la pression qu'éprouve le doigt introduit, par l'estomac ouvert, dans l'extrémité inférieure de l'œsophage d'un animal vivant, ou encore par la résistance qu'il faut surmonter pour refouler les aliments dans ce conduit, en comprimant l'estomac sain d'un autre animal. Cette résistance finit par disparaître après la division de la paire vague ; aussi la pression de ce dernier viscère, par les parois abdominales et le diaphragme, permet-elle l'ascension, dans la bouche et les fosses nasales, des matières contenues dans l'estomac; d'où la titillation de la luette et de l'arrière-gorge, pour expliquer les nausées et les vomissements; d'où aussi, quelquefois, le passage de ces matières dans les voies aériennes. Quoi qu'en disent quelques expérimentateurs, malgré la paralysie du canal œsophagien, des aliments peuvent encore parvenir dans l'estomac, ce qu'il est d'ailleurs facile de comprendre en tenant compte de la hauteur à laquelle on divise ordinairement les nerfs vagues, et de l'intégrité des filets nerveux qui continuent d'animer les muscles du pharynx. En effet, la section de ces nerfs se pratique généralement au-dessous des rameaux pharyngiens et même des laryngés supérieurs, ce qui explique comment les constricteurs pharyngiens, conservant leur action, peuvent s'emparer du bol

(1) Voir plus haut, p. 316 et suiv., pour tout ce qui se rapporte à l'action de la huitième paire sur le *pharynx*.

imentaire et le pousser, au moins d'abord, dans la partie supérieure de l'œsophage : après la déglutition pharyngienne d'un nouveau bol, le premier est repoussé plus loin, et ainsi de suite de proche en proche ; de manière qu'à l'aide de ce mécanisme, dû à la contractilité persistante du pharynx, la cavité stomacale peut encore recevoir des aliments.

Plus loin, en traitant de l'influence de la paire vague sur les mouvements de l'estomac, je rappellerai quelle est, suivant moi, l'origine réelle des filets nerveux moteurs qui animent l'œsophage.

Action sur l'estomac.

I. Durant le travail de la chymification, l'estomac devient le siége de contractions dont l'existence ne saurait être révoquée en doute. Il importe donc, ce viscère recevant des rameaux du grand sympathique et du tronc mixte du nerf vague, de rechercher si l'influence nerveuse motrice lui est transmise par l'un des deux seulement, ou bien par l'un et l'autre à la fois.

Suivant Bichat (1), Tiedemann et Gmelin (2), Bischoff (3), Breschet et Milne Edwards (4), Valentin (5), etc., les mouvements de l'estomac dépendent du nerf vague; ce qui est nié par Magendie (6), J. Müller (7), Dieckhoff (8) et d'autres.

A l'aide d'expériences variées et fort nombreuses, faites sur des chiens, je crois être arrivé à découvrir la cause de cette divergence d'opinions.

Après avoir ouvert le thorax et l'abdomen, j'ai irrité mécaniquement ou galvaniquement les cordons œsophagiens de la paire vague, d'abord séparés de l'œsophage; et, sur un certain nombre de ces animaux, les contractions les plus manifestes ont eu lieu dans les parois de l'estomac, non pas instantanément, mais au bout de cinq à six secondes. J'ai vu parfois cet organe se partager, pour ainsi dire, en deux portions, l'une pylorique, l'autre splénique, et sa coarctation être portée à un tel point, qu'il était comme étranglé par son milieu, à l'aide d'un lien : les aliments comprimés sortaient par le pylore. Au contraire, sur d'autres chiens, les mouvements de l'estomac ont été difficiles à apercevoir ou même ont manqué complétement, quoique je fisse usage du même mode d'irritation.

Profondément convaincu qu'en physiologie expérimentale l'inconstance des phénomènes tient surtout à ce qu'on ne se place pas toujours dans des conditions identiques, je m'appliquai à rechercher avec persévérance la cause des phénomènes contraires que j'avais observés : bientôt je reconnus que, si l'irritation mécanique ou galvanique des cordons œsophagiens, *durant la chymification*, provoque dans les parois stomacales les mouvements les plus intenses, ceux-ci, malgré l'irritation indiquée, sont souvent inappréciables quand l'estomac est tout à fait vide, rétracté sur lui-même, et, en quelque sorte, au repos.

Ce fait semble établir que le nerf vague est loin d'être toujours chargé de la même quantité de force nerveuse motrice, que celle-ci augmente pendant la digestion stomacale: c'est, par conséquent, ce moment propice qu'il faut choisir pour

(1) *Anat. génér.*, 2e part., t. III, p. 360. Paris, 1812.
(2) *Rech. expérim. sur la digestion.* Trad. de Jourdan. 1re part., p. 374. Paris, 1827.
(3) *Müller's Arch.*, 1838, p. 496.
(4) *Arch. génér. de méd.*, t. VII, p. 197. 1825.
(5) *De funct. nerv. cereb. et nervi sympath.* Berne, 1839, p. 52.
(6) *Précis élément. de physiol.*, t. II, p. 108. 1825.
(7) *Physiol. du syst. nerv.* Trad. de Jourdan, t. I, p. 322.
(8) *De actione quam nervus vagus in digestionem ciborum exerceat.* Berlin, 1835.

expérimenter. Mais mes recherches peuvent surtout servir à rendre compte de résultats qu'ont obtenus des expérimentateurs également habiles, puisque les uns sans y prendre garde, ont pu agir, lors de l'état de vacuité de l'estomac, et les autres pendant la réplétion et la réaction de l'organe, c'est-à-dire dans des conditions tout à fait différentes. Dans l'appréciation de ces différences, il ne faut pas non plus négliger la hauteur à laquelle les irritants ont été appliqués aux cordons nerveux; car nul doute que les effets sont d'autant plus tranchés qu'on se rapproche davantage de l'estomac, pour agir sur les rameaux mêmes que la huitième paire lui envoie (1).

Ainsi, dans des conditions déterminées, l'excitation de cette huitième paire donne incontestablement lieu aux contractions de l'estomac. En est-il de même quand l'excitation est dirigée sur le grand sympathique? Les grands et petits nerfs splanchniques, les ganglions semi-lunaires avec leurs nombreux rameaux divergents, telles sont les parties sur lesquelles il faut opérer pour résoudre cette question. On ne saurait évidemment songer à en faire la section ou l'excision sur des animaux vivants, et, par conséquent, on ne peut que leur appliquer les irritants mécaniques, chimiques et galvaniques, afin d'en déduire ici une action nulle ou réelle sur l'estomac : or, sur des chiens et des lapins, j'ai galvanisé ou mécaniquement excité, à bien des reprises différentes, les nerfs splanchniques, et quand cet organe était une fois immobile, je ne suis jamais parvenu à y réveiller les moindres contractions; mêmes résultats négatifs en agissant sur les ganglions semi-lunaires (2). Du reste, si Müller (3), en versant une solution de potasse sur ces ganglions ou en galvanisant les nerfs splanchniques, a vu les mouvements de l'intestin s'accroître et prendre une grande vivacité, il n'a jamais observé des effets analogues sur l'estomac.

Des faits précédents, ne semble-t-il pas rationnel de conclure que les mouvements de ce viscère, durant la digestion, dépendent de la paire vague et non des divisions indiquées du grand sympathique? Cette conclusion est en effet celle que je tirai d'abord de mes expériences. Aujourd'hui, en considérant, 1° que le tronc mixte du nerf vague et ses cordons œsophagiens en particulier renferment dans leur épaisseur même un grand nombre de fibres empruntées au grand sympathique; 2° que ces mêmes cordons, excités par des agents mécaniques ou électriques, provoquent la réaction motrice de l'estomac seulement au bout de plusieurs secondes, réaction qui n'atteint son maximum qu'après que la cause stimulante a déjà été soustraite; je ne puis m'empêcher de faire observer que ce dernier caractère fonctionnel, d'accord avec leur constitution anatomique, les rapproche de tous les autres rameaux moteurs émanés du grand sympathique, et les différencie essentiellement des nerfs moteurs cérébro-rachidiens qui, au contraire, suscitent *des contractions qui toujours commencent et cessent avec l'irritation elle-même.* Or, comme je l'ai constaté, ce sont des contractions de cette nature qu'on observe dans le larynx, le pharynx et l'extrémité supérieure de l'œsophage, quand on irrite le *nerf spinal* à son origine. Je suis donc porté à admettre qu'ici le *pneumo-ga*

(1) *Nota.* Il sera toujours facile à un observateur attentif et exercé de ne pas confondre les contractions succédant à la stimulation de la paire vague avec les mouvements vermiculaires qui, après l'ouverture de l'abdomen, se manifestent dans l'estomac aussi bien que dans les intestins, par suite du contact de l'air.

(2) Je crois devoir ajouter que les résultats ont été également négatifs, quand j'ai fait passer des courants électriques dans le nerf phrénique droit qui concourt à la formation du plexus solaire.

(3) *Physiol. du syst. nerv.* Trad. de Jourdan, t. I, p. 230, 530 et 535.

trique, en rapport par ses filets propres seulement avec la sensibilité de l'estomac, s'associe des fibres motrices provenant du grand sympathique, et non du nerf spinal, comme je l'avais *supposé* autrefois : cette interprétation fait d'ailleurs disparaître la singulière anomalie physiologique consistant en ce qu'un organe, dont les mouvements sont entièrement soustraits à l'empire de la volonté, dépendrait d'un nerf volontaire ou cérébro-spinal.

Dans mon opinion, les fibres nerveuses motrices qui animent l'œsophage (*à l'exclusion de son extrémité supérieure* (1), ont la même origine. Or, on sait que, si le principe nerveux se propage plus lentement dans les rameaux du grand sympathique que dans ceux des nerfs cérébro-rachidiens, il s'y tient surtout en réserve beaucoup plus longtemps. Aussi, après la section de la paire vague, l'œsophage, au lieu de tomber presque aussitôt dans le relâchement comme les muscles animés par des nerfs de la vie animale, reste-t-il contracté assez longtemps pour gêner d'abord le passage du bol alimentaire dans l'estomac ; aussi, encore plusieurs heures après la section de cette paire nerveuse, *vers le milieu du col*, ayant contraint les animaux à avaler des aliments en assez grande quantité, ai-je constamment trouvé la partie supérieure de l'œsophage, qui est animée par un nerf de la vie animale (*le spinal*), énormément distendue relativement à ses autres portions.

II. Pour que la chymification des aliments s'accomplisse, il faut, indépendamment des mouvements de l'estomac, une certaine température et surtout la présence d'un liquide dissolvant (*suc gastrique*) dans des proportions et avec des qualités déterminées. La production de ce liquide, dont la source se trouve dans le sang, est-elle influencée ou non par les nerfs de la huitième paire? Brodie (2), Wilson Philip (3), Tiedemann et Gmelin (4), C. Bernard (5), etc., sont pour l'affirmative, et Brachet (6), Mayer (7), F. Arnold (8), etc., pour la négative.

Voici les résultats des expériences que j'ai entreprises en vue de ce problème :

Le lendemain de la résection de la paire vague, au cou, j'ai fait boire du lait à des chiens qui déjà avaient jeûné pendant vingt-quatre ou trente-six heures avant l'opération, et constamment ce liquide s'est caillé en totalité ou en partie, soit qu'il ait été vomi quelque temps après son ingestion, soit qu'il ait été retenu dans l'estomac. Sur d'autres animaux vivants de la même espèce, qui, la veille, avaient subi la précédente opération, après avoir incisé l'estomac et l'avoir débarrassé en certains points de son enduit muqueux, j'ai vu, à la suite d'un léger frottement, suinter de ces mêmes points un liquide *à réaction acide*. Surtout depuis 1842 (9), je n'ai jamais manqué de reproduire ces faits dans mes cours de vivisections.

Mais, dans d'autres expériences comparatives faites sur des chiens, dont les uns

(1) Il importe de rappeler que cette extrémité de l'œsophage, qui, au contraire, emprunte ses filets moteurs au nerf spinal, est composée de *fibres à stries transversales*, c'est-à-dire appartenant à la vie animale. D'après Schwann (*Müller's Arch.*, 1836, p. 11), les fibres de la vie organique se rencontrent à partir du second tiers de ce conduit.

(2) *Philos. Transact.* 1814.

(3) *An experim. inquiry into the laws of the vital functions*, etc. 2e éd. London, 1818.

(4) *Rech. expérim. sur la digestion.* 1re part. Paris, 1827, p. 374.

(5) *De l'influence des nerfs de la huitième paire sur les phénomènes chimiques de la digestion.* 20 mai 1844.

(6) *Rech. expér. sur le syst. nerv. gangl.* 2e éd., 1837. p. 262.

(7) *Zeitschrift für Physiol., von Tiedemann*, etc., t. II, n° 1. 1826.

(8) *Bemerkungen über den Bau des Hirns und Rückenmarkes*, etc. Zürich, 1838, p. 142.

(9) Époque de la publication de mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*

avaient le nerf vague intact et dont les autres avaient subi la résection de cette paire nerveuse depuis vingt-quatre heures, il m'a été facile de reconnaître *de visu*, à l'aide d'excitations portées directement sur la muqueuse de l'estomac mise à découvert, que, chez ces derniers, le suintement du *suc gastrique* était moindre.

J'ai déjà eu occasion de faire remarquer (p. 95) qu'après la section intra-crânienne du trijumeau, la salive et les larmes étaient aussi moins abondantes. Or, la même théorie me paraît devoir s'appliquer au pneumo-gastrique et au trijumeau dans les divers cas dont il s'agit. Ces deux nerfs sont richement pourvus de *fibres organiques ou végétatives* émanées à la fois de leurs ganglions propres et de ceux du grand sympathique. Parmi ces fibres, qu'on suppose présider à toutes les opérations chimiques de l'économie, les unes, forcément associées aux filets sensitifs du pneumo-gastrique, aboutissent avec eux à la surface interne de l'estomac, les autres y parviennent par l'entremise des nerfs splanchniques et des ganglions solaires. En divisant, au niveau de la région cervicale, la huitième paire, on supprime donc le concours au moins des nombreuses fibres végétatives qui empruntaient à son *plexus ganglionnaire* ou peut-être à l'encéphale lui-même leur influence spéciale ; d'où l'intensité moindre d'un phénomène qui leur était partiellement soumis (sécrétion du suc gastrique). Les muqueuses sensoriales, et les organes sécréteurs qui en sont des dépendances, ne reçoivent-ils pas aussi des fibres végétatives dont les unes, au moins celles qui proviennent du ganglion semi-lunaire, accompagnent les filets sensitifs du trijumeau, dont les autres, indépendantes de ce nerf, émanent soit du ganglion cervical supérieur, soit des ganglions céphaliques du grand sympathique? Au point de vue auquel je me place, il y a donc analogie évidente entre la muqueuse de l'estomac et les muqueuses des organes sensoriaux ; et, si des expériences directes démontrent l'influence du trijumeau et celle du grand sympathique sur la nutrition et les sécrétions de ces organes, d'autres prouvent aussi que la section des pneumo-gastriques n'entraîne pas plus la suppression absolue du suc gastrique, que la section du trijumeau n'entraîne la suppression absolue de la salive et des larmes.

Je m'empresse d'ajouter que, d'observations pathologiques suffisamment nombreuses, il résulte qu'évidemment la part d'influence exercée ici par le pneumo-gastrique ou le trijumeau, ne saurait être directement attribuée à leurs fibres sensitives. En effet, il n'est pas rare de voir les maladies isoler, dans le trijumeau en particulier, le rôle des fibres sensitives de celui qui est dévolu aux fibres organiques, c'est-à-dire qu'il peut y avoir anesthésie absolue des muqueuses sensoriales (oculaire, nasale, buccale en partie), et néanmoins persistance des sécrétions propres à ces muqueuses ou aux glandes qui leur sont annexées (1). Il en est de même de la muqueuse de l'estomac, rendue insensible par la section des pneumo-gastriques ; elle peut, sous l'influence des nombreuses fibres végétatives du grand sympathique, continuer à sécréter ses fluides spéciaux. Toutefois, je ne veux pas nier le consensus existant entre les nerfs sensitifs et les nerfs organiques ; ce que je nie, comme contraire aux observations pathologiques et aux expériences, c'est que ce consensus soit indispensable à la sécrétion des fluides indiqués. Une solidarité évidente n'existe-t-elle pas entre les nerfs sensitifs et les nerfs moteurs, et pourtant ne voit-on pas tous les jours la suspension fonctionnelle des uns ne point entraîner nécessairement celle des autres?

(1) C. James (*Thèse inaug.*, 7 décembre 1840) a rapporté un cas de ce genre, remarquable surtout par la durée de l'affection, qui fut de deux années.

III. Nous venons d'avancer qu'après la résection de la huitième paire, la sécrétion du suc gastrique persiste, mais qu'elle est moins abondante : il importe maintenant de savoir ce que deviennent, après cette opération, les substances alimentaires introduites dans l'estomac.

Suivant Baglivi (1), Haller (2), de Blainville (3), Brodie (4), Legallois (5), Wilson Philip (6), C. Bernard (7), etc., les forces digestives sont absolument anéanties : quelques uns de ces expérimentateurs assurent que les aliments subissent la fermentation putride. Au contraire, d'après Magendie (8), Brougthon (9), Leuret et Lassaigne (10), etc., l'influence de la huitième paire sur la chymification serait nulle ou presque nulle. Le plus grand nombre des physiologistes admettent que cet acte important n'est pas tout à fait suspendu, qu'il est seulement ralenti d'une manière très notable : Breschet, Milne Edwards et Vavasseur (11), Tiedemann et Gmelin (12), Ware (13), Mayer (14), Brachet (15), J. Muller et Dieckhoff (16), etc., partagent cette opinion.

Ayant examiné avec détails, dans un autre ouvrage (17), les recherches qui ont trait à ces diverses manières de voir, je me bornerai à donner ici les résultats des expériences que j'ai faites, en partie, depuis sa publication. Elles ont été exécutées le plus souvent sur des chiens adultes, et, dans presque toutes, les aliments n'ont été forcément ingérés dans l'estomac que vingt-quatre heures après la résection des nerfs de la huitième paire. En agissant de la sorte, j'ai voulu prévenir une objection capitale qu'on peut adresser à la plupart des expériences antérieures, savoir : que, pendant le temps écoulé entre l'ingestion préalable des aliments et la section de cette paire nerveuse, il a dû en effet se sécréter une certaine quantité de suc gastrique, qui, sans cette condition de l'expérience, aurait pu ne pas se produire.

Chaque jour, je poussais dans l'estomac une très faible quantité d'aliments (18) qui n'étaient vomis que dans des cas assez rares, desquels d'ailleurs il était tenu compte. Vers le troisième, le quatrième ou le cinquième jour, suivant le degré d'énergie des animaux, je tuais ceux-ci dix-huit ou vingt heures après leur dernier repas, et je trouvais l'estomac ou complétement vide, ou renfermant une quantité d'aliments de beaucoup inférieure à celle qui avait été administrée (19). Au contraire, presque toutes les fois qu'il m'est arrivé d'ingérer dans l'estomac de ces

(1) *Opera omnia Dissert. de experim. anatom. practic.* Lugd., 1710. p. 676.
(2) *Elem. physiol.*, t. I, p. 462. Lausanne, 1757.
(3) *Proposit. extraites d'un essai sur la respiration. Thèse inaug.* 1808, n° 114, p. 33.
(4) *Philosoph. Transact.* 1811.
(5) *Œuvr. compl.*, édit. de 1830, notes de Pariset, t. I, p. 190 et 191.
(6) *An experim. inquiry into the Laws of the vital functions*, 2e édit. London, 1818.
(7) *Mém. cit.*
(8) *Précis élém. de physiol.*, t. II, p. 102. 1825.
(9) *Quaterly journ. of scienc.*, etc., n° 20, p. 308. 1825.
(10) *Rech. physiol. et chim. sur la digest.* 1825, p. 219.
(11) *Arch. génér. de médec.*, t. II, p. 481. 1823 ; et t. VII, p. 187. 1825.
(12) *Rech. expérim. sur la digest.* Trad. de Jourdan, 1re partie, p. 372. 1827.
(13) *The north Amer. med. and surg. journ.* 1828.
(14) *Zeitschrift für Physiol. von Tiedemann*, t. II, p. 78.
(15) *Rech. sur le syst. nerv. gangl.* 1837, p. 228.
(16) *Manuel de physiol. de Müller*, t. I, p. 452. Trad. de Jourdan.
(17) *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. II, p. 334 et suiv. Paris, 1842.
(18) Les aliments que j'ai administrés le plus ordinairement se composaient d'un mélange de pain et de *fromage d'Italie* (viande de porc, etc., hachée).
(19) Un expérimentateur bien digne de foi, Sédillot, est parvenu, en rendant les repas plus fréquents et moins copieux, à faire vivre, *pendant plusieurs semaines*, des chiens auxquels il avait excisé une grande longueur des pneumo-gastriques.

animaux une masse alimentaire considérable, elle n'a été, au bout du même laps de temps, chymifiée qu'à sa surface, et n'a présenté, dans son centre, aucune altération.

Ces résultats comparatifs me semblent prouver que la section des nerfs vagues porte une grave atteinte à la chymification, *surtout* parce qu'elle paralyse, comme on l'a dit, les mouvements propres de l'estomac (1) : en effet, quand il s'agit d'une masse alimentaire considérable, ces mouvements ne sont-ils pas indispensables pour brasser, pour mélanger, avec les sucs gastriques, ses diverses parties et pour expulser celles-ci de la poche stomacale à mesure qu'elles sont suffisamment chymifiées? Au contraire, ne doivent-ils pas perdre beaucoup de leur importance, quand il s'agit d'une quantité très minime d'aliments qui se prêtent aisément à l'action pénétrante et dissolvante du suc gastrique?

IV. En parlant de l'influence du système nerveux sur l'absorption (p. 97), je me suis occupé de la question de savoir si les poisons ingérés dans l'estomac, après la section de la huitième paire, donnent lieu ou non à leurs effets ordinaires.

V. Deux des sentiments les plus vifs et les plus impérieux qui se développent au dedans de nous, indépendamment de tout excitant extérieur, et par le seul fait de certaines modifications survenues spontanément dans l'organisme, sont *la faim et la soif*. Leur étude spéciale se rattachant à celle de la digestion, il ne saurait s'agir ici que de rechercher si l'intégrité des nerfs pneumo-gastriques est indispensable ou non au développement de ces sensations internes.

Les physiologistes ne sont point d'accord sur le point de départ de *la sensation de la soif*, c'est-à-dire sur l'organe qui préside à l'acte d'impression : c'est le pharynx, pour les uns; c'est principalement l'estomac, pour les autres. Que ce soit l'un ou l'autre de ces organes, les nerfs, chargés de transmettre l'impression à l'encéphale, seraient donc ou les glosso-pharyngiens, ou les pneumo-gastriques, et leur section simultanée devrait, par conséquent, rendre impossible la sensation qui nous occupe. Or, à propos de recherches sur le sens du goût, il m'est quelquefois arrivé de conserver vivants des chiens auxquels j'avais *réséqué*, de chaque côté, les nerfs *glosso-pharingien* et lingual; une fois guéris de leurs plaies, ces animaux m'ont paru boire, après chaque repas, dans les mêmes proportions que de coutume. Sur quelques uns d'entre eux, j'ai pratiqué, en outre, la résection des *pneumo-gastriques* dans la région cervicale, et la soif s'est néanmoins fait sentir, avec une grande vivacité, dès le lendemain de l'expérience et surtout les jours suivants, sans doute à l'occasion de la fièvre produite par l'inflammation de la plaie du cou.

Ces faits, qui tendent à établir que, sans le concours des nerfs glosso-pharyngiens et pneumo-gastriques, le besoin impérieux de boire peut persister, sont déjà propres à faire douter que ce besoin ait réellement pour point de départ *exclusif* le pharynx ou l'estomac. Ajoutons, ce que chacun sait déjà, qu'on parvient sûrement à apaiser la soif par divers moyens qui pourtant n'exercent aucune action immédiate ni sur l'un ni sur l'autre de ces organes, tels que les bains, les lavements et surtout les injections aqueuses dans les veines.

(1) Il faut pourtant tenir compte aussi de la diminution de la sécrétion du suc gastrique après cette opération.

Quant à la *faim*, généralement on n'hésite point à affirmer que le siége de son impression est dans l'estomac, qu'elle est, pour ainsi dire, un phénomène nerveux *propre* à ce viscère. Il semblerait donc que la section de ses nerfs sensitifs (*pneumo-gastriques*) devrait apporter en faveur d'une pareille assertion des preuves faciles à constater. Brachet, ayant observé que des animaux d'abord très affamés et prêts à se ruer sur leur nourriture ne se déplaçaient plus, après cette opération, pour aller la saisir, en a conclu en effet que, chez eux, la sensation de la faim était complétement anéantie. Mais, dans les expériences comparatives assez nombreuses que j'ai faites, les conclusions à en tirer ne m'ont paru ni aussi simples ni aussi faciles. J'ai eu occasion, par exemple, après la section des nerfs sciatiques, d'observer bien des fois une indifférence complète pour les aliments chez des chiens qui, muselés pendant trois et quatre jours, n'avaient pris aucune nourriture et manifestaient avant l'opération un vif désir de manger ; quelquefois même trois ou quatre autres jours s'écoulaient encore avant que ces animaux acceptassent les aliments qui leur étaient offerts, tandis qu'ils buvaient en abondance et avec un grand empressement: c'est qu'en effet, si la soif succède aux grandes douleurs physiques, la faim, au contraire, est le plus ordinairement suspendue par elles ou même par une simple émotion morale. Aussi, après la résection des pneumo-gastriques, ai-je vu boire volontiers tous les animaux qui avaient survécu assez longtemps, et en ai-je observé seulement quelques-uns qui voulussent bien prendre, avant leur mort, des aliments solides : quant aux autres qui ont refusé de manger, ne suis-je pas en droit de conclure simplement que, chez eux, et par les mêmes raisons que chez les chiens ayant subi la section des sciatiques, la sensation de la faim ne s'est point développée, et que, par conséquent, la cause d'un pareil refus ne saurait être rapportée nécessairement à la suspension de l'influence des pneumo-gastriques?

Leuret et Lassaigne (1) ont constaté que, après l'excision de ces nerfs dans une longueur de plusieurs pouces, des chevaux mangeaient comme auparavant et avec un appétit égal à celui qu'ils avaient quand ils se portaient bien. Bégin, Fourcade, Sédillot (2) affirment avoir vu, *au bout de quelques jours*, l'appétit se réveiller chez des chiens qui avaient survécu pendant plusieurs semaines (3). En parlant d'un de ces animaux, Sédillot s'énonce ainsi : « Il attend impatiemment l'heure des repas et montre un grand appétit (p. 16). » Et à propos d'un autre : « Sa vivacité était éteinte et il ne retrouvait son ardeur qu'au moment des repas (p. 22). »

Assurément, aucun physiologiste n'ignore l'influence que peuvent avoir la vue, l'odorat et surtout le goût pour exciter à la préhension des aliments. Aussi a-t-il paru présumable à quelques observateurs que, si les animaux continuaient à accepter de la nourriture, malgré la section des pneumo-gastriques, c'était seulement en vue de satisfaire leur sensualité gustative, sans qu'ils éprouvassent d'ailleurs l'aiguillon de la faim. Quand il n'y a point de nourriture devant leurs yeux, il est impossible de savoir ce qu'ils éprouvent au dedans d'eux-mêmes; et quand il y en a, il semble d'abord qu'on ne puisse savoir si c'est le désir d'apaiser la faim, ou de savourer les aliments, qui les porte à s'en emparer. Toutefois, j'ai tenté quelques

(1) *Rech. physiol. et chim. pour servir à l'histoire de la digest.* p. 211. Paris, 1825.
(2) *Du nerf pneumo-gastrique et de ses fonctions. Thèse inaug.*, n° 274. Paris, 1829.
(3) Le plus généralement les chiens adultes, auxquels on a coupé les nerfs pneumo-gastriques, meurent du quatrième au cinquième jour. Néanmoins, à la suite des nombreuses opérations de ce genre que j'ai eu occasion de pratiquer depuis 1842, j'ai vu cinq animaux adultes de cette espèce mourir le huitième jour, trois le neuvième, et un autre seulement le onzième jour.

expériences qui me font croire que le goût n'est pas ici le principal mobile : en effet, des chiens qui avaient subi, *de chaque côté*, la section des nerfs glosso-pharyngien et lingual, et celle de la paire vague, ont mangé sans dégoût, en assez grande quantité, des substances alimentaires ramollies dans une décoction légère de coloquinte.

Je dois encore signaler une remarque qui me paraît importante, c'est que les chiens, auxquels j'avais coupé la huitième paire, n'ont voulu prendre de la nourriture que vers le deuxième ou le troisième jour après l'opération. Ce résultat s'accorde avec les observations faites par Sédillot (1) sur les chiens qu'il a le plus longtemps conservés. Or, pourquoi ce laps de temps, si en réalité, dans ces cas, la vue, l'odorat, le goût, etc., poussaient seuls les animaux à la préhension de leur nourriture? Pourquoi un pareil retard dans l'action de ces causes impulsives? N'est-il donc pas plus rationnel de supposer que les aliments n'ont été pris qu'au moment où le besoin de manger a commencé à se faire sentir?

Si le sentiment pénible de ce besoin semble se concentrer vers l'estomac, c'est que ce viscère est sympathiquement lié, de la manière la plus intime, au reste de l'organisme, et qu'étant l'instrument principal de la digestion, il importait que les causes qui rendent cette opération nécessaire vinssent réagir spécialement sur lui. Il en est de la faim et de la soif comme de tous les autres besoins naturels, dont le siége principal se trouve concentré dans l'organe destiné à les satisfaire, qui en apparence se rapportent uniquement à cet organe, qui peuvent même être stimulés par une excitation directe portée sur lui, et qui n'en sont pas moins l'expression d'un besoin général auquel l'économie tout entière participe. Mais ce n'est pas le lieu de développer cette manière de voir, et d'apporter des arguments en sa faveur; bornons-nous à conclure qu'en l'absence du concours des pneumo-gastriques, la faim et surtout la soif peuvent continuer à se faire sentir, comme nous avons vu persister aussi le besoin de respirer, c'est-à-dire avec certaines modifications qui résultent nécessairement du défaut d'une pareille influence.

Action sur le foie.

Sans prétendre que les filets du pneumo-gastrique, qui se portent en assez grand nombre vers la scissure du foie, aient une influence directe sur la sécrétion biliaire, je rappellerai une simple remarque que j'ai eu plusieurs fois occasion de renouveler. La bile qui, recueillie dans la vésicule d'un chien à jeun depuis quarante-huit heures, présente une densité considérable, une consistance oléagineuse très prononcée, m'a paru au bout du même laps de temps (chez des animaux de la même espèce auxquels j'avais coupé les pneumo-gastriques aussitôt après la chymification accomplie) moins dense, plus séreuse, beaucoup plus fluide et moins fortement colorée. Quant au foie, son tissu, plus friable que de coutume, était injecté et offrait une teinte d'un noir verdâtre; ses vaisseaux contenaient parfois des caillots sanguins analogues à ceux que l'on rencontre souvent dans les vaisseaux du poumon. La gêne circulatoire, que ces dernières lésions pourraient faire supposer dans le foie, expliquerait la plus grande fluidité de la bile. En effet, partout où le cours du sang est entravé, de la sérosité s'exhale consécutivement à la gêne de la circulation et à la congestion passive qui en résulte. Ce serait donc cette sérosité qui, en se mêlant au fluide biliaire, le modifierait comme il a été dit.

(1) *Thèse citée.*

Quoi qu'il en soit, l'action directe du pneumo-gastrique sur le foie ou son réservoir, si elle existe, est encore à déterminer par de futures recherches ; ce que nous venons de dire pouvant n'être attribué qu'à une influence médiate (1).

Nerfs encéphaliques moteurs.

Les nerfs que je range dans cette classe sont : les trois moteurs oculaires, le masticateur (*portion non ganglionnaire du trijumeau*), le facial, le moteur tympanique, le spinal et l'hypoglosse. Ayant déjà fait connaître (2) leurs caractères généraux et distinctifs, il me reste à tracer l'histoire de chacun d'eux au point de vue physiologique.

Nerfs moteurs oculaires.

On sait que trois nerfs, le *moteur oculaire commun*, le *pathétique* et le *moteur oculaire externe*, sont destinés à animer les six muscles qui meuvent le globe de l'œil. Le premier se distribue aux droits supérieur, interne, inférieur, au petit oblique, et, de plus, à l'iris et au muscle élévateur de la paupière supérieure ; le second, au grand oblique ; le troisième, au droit externe.

A chacune des trois directions principales vers lesquelles le globe oculaire peut être porté correspond l'une des trois paires nerveuses motrices de l'orbite. Aux mouvements dans le sens *vertical*, correspond le nerf moteur oculaire commun ; aux mouvements rotatoires, le pathétique ; enfin, à ceux de latéralité, le moteur oculaire externe. Une telle disposition est suffisamment motivée par la nécessité d'une précision extrême dans tous les éléments de l'organe visuel, et c'est grâce à elle que l'harmonie des mouvements de cet admirable appareil se trouve réunie à leur indépendance nécessaire ; *l'harmonie*, au moyen de la troisième paire destinée à influencer tous les genres de mouvements du globe de l'œil, *l'indépendance*, par la quatrième et la sixième paires affectées chacune à un seul genre de ces mouvements.

Telle est, suivant nous, la seule raison plausible de l'existence de trois paires nerveuses différentes pour un si petit nombre de muscles.

Nerf moteur oculaire commun.

Ce nerf, pris *dès son origine*, est insensible aux irritations mécaniques, comme le prolongement du faisceau antéro-latéral de la moelle duquel il provient, et comme les racines antérieures des nerfs spinaux. Cependant, au delà d'un certain trajet, il devient sensible au pincement, parce qu'il s'est adjoint des filets sensitifs de la cinquième paire.

Chacun sait que les mouvements violents et prolongés des muscles oculaires, animés par le moteur commun, s'accompagnent d'un sentiment douloureux de tension dans ces organes. Cette sensation ne saurait, par conséquent, dépendre que des fibres sensitives que ce nerf exclusivement moteur s'est associées, avant sa distribution aux muscles du globe oculaire.

(1) Les effets dus à la résection d'un seul nerf pneumo-gastrique, ou à la résection de ces deux nerfs, pratiquée à des époques différentes, offrent un intérêt assez secondaire pour que je croie pouvoir les passer ici sous silence et renvoyer le lecteur à mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. II, p. 349. Paris 1842.

(2) P. 17 et suiv.

Quand on a coupé le moteur oculaire commun sur un animal, ou bien quand ce nerf est *complétement* paralysé chez l'homme, on observe du côté correspondant : 1° le prolapsus de la paupière supérieure ; 2° un strabisme externe ; 3° l'abolition des mouvements alternatifs de rotation du globe oculaire autour de son axe antéro-postérieur ; 4° la dilatation et l'immobilité de la pupille.

Le *prolapsus de la paupière supérieure* s'explique par la paralysie de son muscle releveur ; au contraire, on voit que, si les fonctions du facial viennent à être suspendues, c'est l'inverse qui a lieu, c'est-à-dire que la paupière supérieure se relève davantage, au point de faire paraître l'œil plus grand, et que les deux voiles palpébraux ne peuvent plus se rapprocher : ainsi, le premier temps du clignement, qui consiste dans l'occlusion palpébrale, dépend du facial et du muscle orbiculaire palpébral ; tandis que le second temps de ce mouvement protecteur est sous la dépendance du moteur oculaire commun et du muscle élévateur de la paupière supérieure.

Le *strabisme externe* doit être rapporté à la cessation d'action du muscle droit interne et à la persistance de celle du muscle droit externe, animé par le nerf de la sixième paire : en effet, ce dernier muscle, conservant toute son activité, entraîne l'œil d'autant plus facilement de son côté, que le muscle droit interne, son antagoniste, a été frappé d'inertie.

L'abolition des mouvements de rotation alternative du globe oculaire autour de son axe antéro-postérieur résulte de l'inertie du muscle oblique inférieur, inertie par suite de laquelle l'oblique supérieur étant alors dépourvu d'antagoniste, attire l'œil de son côté et lui fait subir une rotation permanente de bas en haut et de dehors en dedans. Cette lésion remarquable, qui se rencontre dans tous les cas de paralysie complète du moteur oculaire commun, et qu'accompagnent des troubles particuliers de la vision, n'a cependant été observée et décrite que dans ces derniers temps (1). Voici quels sont les signes propres à la faire reconnaître au milieu des perturbations nombreuses qu'entraîne la paralysie de la troisième paire :

Si l'on fait porter la tête alternativement vers l'une et l'autre épaule, et si l'on observe en même temps les mouvements des yeux, on reconnaît aussitôt que l'œil affecté ne peut, comme celui du côté sain, rouler dans l'orbite en sens inverse de la tête, et qu'il suit au contraire les mouvements de celle-ci, surtout lorsqu'elle se penche du côté sain. D'autre part, le malade perçoit dans le même instant deux images, l'une *droite*, l'autre *oblique*, *inclinée du côté affecté*, variété de diplopie qui indique la paralysie du muscle oblique inférieur, et conséquemment celle du rameau qu'envoie à ce muscle le nerf moteur oculaire commun.

La *dilatation et l'immobilité de la pupille* proviennent de ce que la *racine motrice*, fournie par le nerf moteur oculaire commun au ganglion ophthalmique, est paralysée avec les filets ciliaires correspondants. D'un pareil fait, il résulte que, quelle que soit la nature des mouvements de l'iris, ils sont évidemment subordonnés au nerf qui nous occupe.

Herbert-Mayo (2), ayant expérimenté sur des pigeons, animaux qui ont deux racines à leur ganglion ophthalmique, l'une fournie par le trijumeau et l'autre par le moteur oculaire commun, a voulu démontrer que le trijumeau ne prenait aucune

(1) Voir, pour plus de détails, *Recherches sur différents points d'anatomie, de physiologie et de pathologie*, par E. G. CUSCO. *Thèses* de Paris, 1848.

(2) *Journ. de physiol. expérim.*, t. III, p. 348 et 349. Dans *Anatomical and physiological Commentaries*, Londres, 1823.

part aux mouvements de l'iris par la racine qu'il envoie à ce ganglion ; qu'au contraire ceux-ci sont influencés par la seule racine que le même ganglion reçoit du nerf moteur oculaire commun.

« La section de ce nerf (*troisième paire*), faite dans le crâne sur un pigeon vivant, produisit la dilatation de la pupille, qui ne se contracta plus malgré une forte lumière.

» La section de la cinquième paire d'un côté, faite dans la cavité du crâne sur un pigeon vivant, ne produisit aucun changement dans les mouvements alternatifs de l'iris.

» Si on pince la troisième paire dans la cavité du crâne d'un pigeon vivant ou immédiatement après la décapitation, les pupilles se contractent chaque fois qu'on touche cette troisième paire.

» Si on pince la cinquième paire sur un pigeon mourant, il ne se produit rien de remarquable dans la pupille.

» Si l'on coupe les nerfs optiques dans la cavité du crâne d'un pigeon, immédiatement après sa décapitation, et si on pince la portion du nerf qui tient au cerveau, des contractions ont lieu dans la pupille.

» La section de la cinquième paire n'apporte aucune modification dans l'expérience précédente.

» Au contraire, après la section de la troisième paire, l'irritation du nerf optique intact ou divisé n'a plus d'effet sur la pupille. »

« On peut conclure de ces faits, ajoute Herbert-Mayo, que le nerf moteur oculaire commun est celui qui préside aux mouvements de dilatation ou de resserrement de l'iris; que, dans la variation habituelle du diamètre de la pupille, l'impression est envoyée au cerveau par le nerf optique, à la suite de quoi le moteur oculaire commun est affecté de telle façon qu'il produit ou la dilatation ou la contraction de la pupille. »

On sait que dans les cas d'amaurose ou de paralysie de la rétine, l'iris de l'œil atteint n'est plus susceptible de se mouvoir, lorsque la lumière tombe sur ce dernier, tandis que les deux iris se meuvent, quand la lumière impressionne l'œil sain. Ce fait, dû à l'observation des pathologistes, démontre qu'une sensation lumineuse, quoique procurée à l'aide d'un seul œil, n'en provoque pas moins la réaction simultanée des deux nerfs moteurs oculaires communs ; ce même fait est confirmatif des expériences dans lesquelles j'ai vu l'iris de chaque œil se mouvoir à la suite de l'excitation mécanique d'un seul nerf optique.

Ayant répété les expériences d'Herbert-Mayo, j'ai coupé à droite le nerf moteur oculaire commun, après avoir divisé le nerf optique correspondant, et, en pinçant à diverses reprises la portion de celui-ci qui tenait à l'encéphale, je n'ai plus aperçu aucune contraction de l'iris droit; mais, ce que cet expérimentateur n'a pas noté, c'est que l'iris gauche continue de se mouvoir sous l'influence des excitations mécaniques portées sur le bout cérébral du nerf optique droit, et *vice versâ* en variant l'expérience.

Dans mes expériences, la section de la cinquième paire a eu une influence momentanée sur l'état de la pupille, et l'irritation mécanique ou galvanique du bout périphérique du moteur oculaire commun n'a pas été suivie le plus souvent de mouvements appréciables dans l'iris; mais des secousses très violentes du globe oculaire se sont produites. Je me suis bien gardé néanmoins d'en conclure que le moteur oculaire commun ne régissait point les contractions de l'iris, puisque les faits pathologiques attestent le contraire d'une manière irréfragable, seulement j'ai

pensé que la présence du ganglion ophthalmique était un obstacle qui s'opposait à ce qu'on obtînt, dans ces cas, des contractions immédiates, comme celles qu'on observe dans les parties qui sont animées par des filets nerveux *directs*. Pourtant, à l'exemple de Fowler, de Reinhold, de Nysten, etc., j'ai vu, sur des animaux récemment décapités, l'iris se contracter sous l'action directe d'une pile électrique.

Presque toutes nos recherches ont été faites sur des chiens et des lapins; quelques-unes seulement ont eu lieu sur des pigeons.

D'après les observations particulières de Müller (1), l'iris agirait dans tout mouvement volontaire du globe de l'œil, qui accompagne l'action de la branche du nerf oculo-musculaire commun allant au muscle droit interne, et cette membrane demeurerait inactive quand c'est le nerf abducteur ou moteur oculaire externe qui agit. « Comme l'externe, dit Müller, est le seul des quatre muscles droits de l'œil auquel le moteur oculaire commun n'envoie pas de filets, nous pouvons être certains que ce nerf n'agit point quand on tourne volontairement l'œil en dehors, et qu'il agit, au contraire, quand la volonté fait porter l'œil en dedans. On acquiert la conviction qu'à intensité égale de lumière, la pupille se rétrécit dès qu'on ferme l'un des yeux et qu'on tourne l'autre en dedans, tandis qu'elle s'agrandit lorsque, dans les mêmes conditions, c'est en dehors qu'on tourne le globe oculaire. » Ce physiologiste a encore observé que si les deux yeux convergent l'un vers l'autre, le rétrécissement de la pupille est porté aussi loin que possible; qu'au contraire, plus les yeux sont parallèles l'un à l'autre, plus les muscles droits internes, qui dépendent du nerf oculo-musculaire commun, tombent dans l'inaction, plus aussi la pupille s'agrandit.

Ces observations sont exactes et faciles à vérifier sur soi-même ou sur d'autres personnes: mais faut-il en conclure, avec Müller, que la connexion qui existe entre la racine motrice du ganglion ophthalmique et le nerf moteur oculaire commun est la cause qui nous permet de mouvoir volontairement l'iris par sympathie, c'est-à-dire qui fait que cette membrane se contracte d'elle-même aussitôt que la volonté agit sur la division du moteur oculaire commun destinée au muscle droit interne? Nous ne le pensons pas; car alors on serait en droit de se demander pourquoi ce mouvement sympathique de l'iris s'exercerait plutôt lors de la contraction du muscle droit interne, que de celle des autres muscles oculaires animés par la même paire nerveuse.

Quant au rameau du muscle petit oblique, Müller admet également son influence sympathique sur les mouvements de la pupille. Cette opinion, qui a été déjà discutée à l'occasion de la théorie des mouvements du globe de l'œil, ne nous paraît pas s'accorder rigoureusement avec l'observation.

En réséquant la portion cervicale du grand sympathique, qui communique avec le moteur oculaire commun et surtout avec le nerf moteur oculaire externe, j'ai toujours vu chez les chiens, avec Petit (2) et Molinelli (3), une constriction manifeste survenir dans l'ouverture pupillaire de l'œil correspondant. Un léger strabisme interne m'ayant toujours paru suivre cette opération, se pourrait-il que la constriction *permanente* de la pupille fût liée alors à la direction anormale du globe de l'œil?

Il n'est pas de pathologiste qui n'ait eu occasion de rencontrer plusieurs fois

(1) *Physiol. du syst. nerv.*, t. I, p. 307. Trad. de Jourdan. Paris, 1840.
(2) *Histoire de l'Academie des sciences de Paris*, 1727, — et les expériences faites à Namur en 1712.
(3) *Commentar. Instit.* Bonon., t. III, 1755, *de ligatis sectisque octavi paris*. etc.

des paralysies du nerf moteur oculaire commun, et par conséquent de constater la plupart des phénomènes que nous avons analysés plus haut, c'est-à-dire la chute de la paupière supérieure, la déviation de l'œil en dehors, la dilatation et l'immobilité de l'ouverture pupillaire. Ces effets réunis ne s'observent que dans les paralysies bien complètes. Toutefois, de ce que, même dans quelques uns de ces cas, on verrait l'iris continuer de se mouvoir, il ne faudrait pas conclure que le trijumeau, à l'aide de son rameau nasal, préside en partie aux mouvements de cette membrane. En effet, Pourfour du Petit admet que le nerf moteur oculaire externe peut s'adjoindre au moteur oculaire commun et au rameau nasal de l'ophthalmique, pour envoyer aussi des filaments à la partie postérieure du ganglion ciliaire. On m'a fait voir une fois une racine motrice très manifeste, allant du moteur oculaire externe à ce ganglion, et Grant, de New-York, m'a affirmé avoir observé plusieurs fois ce fait anatomique. Il fut conduit à le rechercher par un cas de paralysie du nerf moteur oculaire commun, avec persistance des mouvements de l'iris; le malade ayant succombé à une autre affection, Grant trouva à l'autopsie un rameau qui se rendait du moteur oculaire externe au ganglion ophthalmique, disposition propre à expliquer la persistance des contractions de la pupille.

Nerf pathétique.

On sait que ce nerf, émané de l'une des divisions supérieures du faisceau antéro-latéral de la moelle, s'en détache au moment où cette division s'engage au-dessous des tubercules quadrijumeaux. L'origine particulière de ce nerf, sa terminaison dans le muscle grand oblique de l'œil, et les filets de la branche ophthalmique qui viennent s'adjoindre à lui pour la sensibilité du même muscle, tout autorise à n'accorder au pathétique qu'une influence exclusivement motrice : les expériences, aussi bien que les faits pathologiques, viennent à l'appui de cette opinion.

Ayant, chez divers animaux (*chien*, *cheval*, *bœuf*) appliqué le galvanisme, dans le crâne, aux nerfs pathétiques, j'ai constaté dans tous les cas, un strabisme divergent assez sensible; en même temps le globe de l'œil subissait, autour de son axe antéro-potérieur, une légère rotation ayant pour effet de relever son angle externe. Or, ces déplacements sont le résultat de la contraction de l'oblique supérieur.

Le nerf de la quatrième paire peut être paralysé chez l'homme; des faits de ce genre ont été signalés par Szokalski (1). Les symptômes de cette lésion sont les suivants :

1° Impossibilité de la rotation de l'œil dans l'orbite. On reconnaît cette impossibilité quand on fait porter au malade, le regard étant fixe, la tête alternativement à droite et à gauche; on voit alors que l'œil malade reste fixé et qu'il ne suit pas les rotations de son congénère.

2° Il y a constamment une diplopie et les deux images sont à la fois *superposées* et *inclinées* l'une par rapport à l'autre; l'œil malade fournit l'image *oblique* et inférieure.

3° Cette double vision disparaît quand on incline la tête vers le côté opposé à l'œil affecté.

Ainsi l'action évidente, incontestable du nerf pathétique est de concourir, par

(1) *De l'influence des muscles obliques de l'œil sur la vision et de leur paralysie.* In-8. Paris, 1840. — Mémoire adressé à la Société de médecine de Gand.

l'intermédiaire de l'oblique supérieur, à la production des mouvements rotatoires du globe de l'œil; mouvements que nous avons analysés précédemment, et dont nous avons démontré toute l'importance dans l'exercice de la vision.

La quatrième paire, il est vrai, ne préside pas seule à la rotation de l'œil dans l'orbite, puisque le muscle oblique inférieur, également destiné à ce mouvement, est sous l'influence du moteur oculaire commun (1). Néanmoins, je pense que le nerf qui nous occupe a, dans cet acte, la part principale, et qu'il est destiné à en régulariser et à en préciser l'exécution. Je considère également le nerf moteur oculaire externe comme le régulateur des mouvements de latéralité de l'œil.

Ch. Bell, qui ne s'est point occupé de l'action du pathétique dans la rotation de l'œil, accorde au contraire à ce nerf une influence spéciale sur les mouvements involontaires des yeux, pendant le clignement, le sommeil, la syncope, l'éternument, etc.; influence qu'il croit due à l'origine de ce nerf sur le prolongement du faisceau médullaire latéral, et qu'il a exprimée par la dénomination qu'il lui donne de *nerf respiratoire de l'œil*. Mais toutes les assertions du célèbre physiologiste anglais, à cet égard, reposent sur une hypothèse que rien ne justifie, et s'appuient sur des faits incomplétement observés et mal interprétés.

Doit-on considérer le pathétique comme un nerf *involontaire*, non pas comme l'entendait Ch. Bell, mais dans son action même sur le mouvement rotatoire de l'œil dont nous parlions plus haut? Il ne semble pas possible, en effet, d'exécuter volontairement ce mouvement quand la tête est immobile; mais alors cette qualification serait aussi applicable au rameau du muscle petit oblique, rameau provenant du moteur oculaire commun. A cet égard, je ferai observer, avec P. Bérard (2) « qu'il faut se garder de mal appliquer l'action volontaire des nerfs et des muscles : si plusieurs de ceux-ci concourent à une action, la volonté n'agit pas sur chacun d'eux en détail; l'esprit veut l'action, et les muscles obéissent les uns par le relâchement, les autres par la contraction. »

Il ne nous semble pas qu'il y ait lieu d'admettre que le grand oblique soit soustrait à l'influence de la volonté plus que les autres muscles de l'œil, ni de considérer la quatrième paire comme plus *involontaire* que les autres nerfs de la vie de relation.

Nerf moteur oculaire externe.

On constate, en pinçant ou en divisant le moteur oculaire externe, dès son origine, qu'il est insensible comme le moteur oculaire commun, les racines spinales antérieures, etc. L'expérience propre à fournir ce résultat est fort délicate; elle exige, après l'ablation de la voûte du crâne, qu'on déplace l'un des lobes cérébraux. Ce déplacement a lieu sans douleur, quand on l'effectue avec une extrême précaution, et il permet d'agir comparativement sur le trijumeau et le moteur oculaire externe; alors on peut pratiquer la section de celui-ci, sans la moindre réaction de la part de l'animal (lapin), tandis que la moindre excitation de celui-là ne manque point de lui arracher des cris plaintifs.

Galvanise-t-on le moteur oculaire externe dans l'intérieur du crâne, on voit le globe oculaire se dévier fortement en dehors.

(1) Voir plus haut, p. 344.
(2) *Dict. de méd.*, ou *Rép. génér. des sc. méd.*, t. XXI, p. 334, art. ŒIL. 2e édit.

J'ai dit qu'après la résection de la portion cervicale du grand sympathique, qui communique si largement avec la sixième paire, j'avais toujours observé chez les chiens, comme Petit et Molinelli, une constriction manifeste de la pupille du côté correspondant, et de plus un léger strabisme interne peut-être propre à expliquer l'état de l'ouverture pupillaire.

Puisque le moteur oculaire externe anime le muscle droit externe de l'œil, on doit s'attendre, dans les cas assez rares de paralysie de ce nerf et par conséquent de ce muscle, à voir le globe de l'œil se dévier fortement en dedans. En effet, Yelloly (1) a constaté un strabisme simple interne très prononcé, chez un homme dont la sixième paire était comprimée par une tumeur. Jobert (2) en rapporte une autre observation.

Il ne faut pas perdre de vue le cas de paralysie complète de la troisième paire rapporté plus haut, et dans lequel Grant a noté une persistance des mouvements de l'iris due à la racine motrice que la sixième paire envoyait au ganglion ophthalmique.

Il nous a été impossible de déterminer, jusqu'à présent, quels sont les usages de l'anastomose si considérable du grand sympathique avec le nerf moteur oculaire externe.

Nerf masticateur.

On se rappelle que le nerf trijumeau présente, à son origine, deux racines : l'une, très volumineuse, exclusivement sensitive (3), et pourvue d'un ganglion (G. de Gasser) ; l'autre, fort grêle, qui passe au-dessous de ce renflement, sans concourir à sa formation.

Désignée, par Bellingeri et Eschricht, sous le nom de *nerf masticateur*, cette dernière racine du trijumeau a pour principal usage d'animer la plupart des muscles qui meuvent la mâchoire inférieure. Elle se distribue, en effet, à ses muscles élévateurs (temporaux, masséters, ptérygoïdiens internes) ; à ses diducteurs (ptérygoïdiens externes) ; à deux de ses abaisseurs (ventres antérieurs des digastriques et mylo-hyoïdiens) (4) : de plus, elle préside à la contraction des muscles tenseurs du voile du palais (péristaphylins externes). Quelques physiologistes supposent que le muscle interne du marteau, ou tenseur de la membrane du tympan, est aussi sous la dépendance du nerf masticateur : en étudiant les usages du facial, nous indiquerons la véritable origine du filet nerveux destiné à ce muscle de l'oreille moyenne.

Le nerf masticateur sort, tout entier, par le trou ovale du sphénoïde, avec la *branche maxillaire inférieure sensitive :* celle-ci, dépendance de la racine ganglionnaire du trijumeau, se divise en rameaux *auriculo-temporal dentaire inférieur* et *lingual*, spécialement destinés à la peau de la tempe, du conduit auditif externe, du pavillon de l'oreille, et d'une grande partie de la face, aux téguments cutanés ou muqueux de la lèvre inférieure, des joues, et à leurs glandules (5), à la

(1) *Apud Bürdach, Gehirn*, etc., t. III, p. 345 et 392.

(2) *Etudes sur le système nerveux*, p. 176.

(3) Cette racine a été étudiée précédemment, p. 287.

(4) Les génio-hyoïdiens, autres muscles abaisseurs de la mâchoire inférieure, sont animés par des rameaux de l'hypoglosse.

(5) J'ai démontré (*Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. II, p. 134) que le *rameau buccal* provient à la fois du nerf masticateur et de la branche maxillaire inférieure sensitive ; que tous ses filets moteurs se perdent dans les muscles ptérygoïdien externe et temporal, et que ses filets

peau du menton, à la muqueuse des trois quarts antérieurs de la langue, à celle des gencives inférieures, aux amygdales, à toutes les glandes salivaires, et enfin, à toutes les dents de la mâchoire inférieure.

Toutefois, entre la branche maxillaire inférieure sensitive et le nerf masticateur, devait s'opérer une certaine association de filets; car, comme tous les agents contractiles, les muscles précédemment indiqués, pour l'exercice régulier de leur faculté motrice, avaient besoin d'être sensibles, et conséquemment de recevoir à la fois des filets du nerf masticateur et de la branche maxillaire inférieure sensitive. Mais, comme nous devons le rappeler, il y aurait erreur grave à croire que la portion ganglionnaire du trijumeau est elle-même propre à transmettre les impressions et le principe des mouvements, parce qu'elle se distribue à la peau, et abandonne aussi quelques fines divisions à des organes musculaires. Ici, la simple observation anatomique n'est plus suffisante pour distinguer les filets en rapport avec le mouvement de ceux qui servent à la sensibilité : par conséquent, on doit avoir recours soit à l'expérimentation, qui nous apprend que les seuls nerfs moteurs sont ceux dont l'irritation mécanique ou galvanique fait naître des contractions locales, soit aux faits pathologiques dans lesquels la lésion organique a envahi les deux racines du trijumeau, ou seulement sa racine ganglionnaire.

Or, sur le cheval et le chien, après avoir enlevé les lobes cérébraux et détaché ce nerf du mésocéphale, toutes les fois que j'ai fait passer des courants électriques *seulement* dans sa grosse racine, isolée de la racine grêle (nerf masticateur) à l'aide d'une lame de verre, jamais je n'ai observé le plus léger mouvement dans les mâchoires ou ailleurs; au contraire, aussi souvent que le nerf masticateur a subi l'influence du courant, les mâchoires se sont rapprochées, et il a été facile, quand on maintenait celles-ci écartées, d'apercevoir des contractions dans le voile du palais. Quant aux faits pathologiques (1), ils s'accordent avec les résultats des expériences : en effet, dans tous les cas où la portion ganglionnaire du trijumeau a été seule lésée, on n'a observé que la perte du sentiment dans les organes auxquels cette portion envoie ses filets, et les muscles masticateurs ont continué d'agir; ceux-ci n'ont été paralysés que quand la lésion organique portait sur la petite racine elle-même.

Girardi, Prochaska et Ch. Bell, se sont évidemment trompés en admettant que cette petite racine envoie des filets à la branche maxillaire supérieure du trijumeau : cette méprise avait d'abord fait dire à Ch. Bell que la branche maxillaire supérieure présidait, à l'aide de ces filets d'emprunt, aux mouvements de la lèvre correspondante dans la mastication (2). Plus tard, ayant reconnu son erreur anatomique, Ch. Bell pensa que les mouvements des joues et des lèvres, destinés à placer et à maintenir les aliments sous les arcades dentaires, n'en dépendent pas moins de la racine grêle de la cinquième paire, mais seulement du nerf buccal (3), qui, selon lui, « fournit des rameaux nombreux aux muscles des joues et des lèvres, pour les mettre en rapport avec les mouvements des mâchoires. » Nous ne pou-

sensitifs terminaux aboutissent aux téguments et aux glandules des joues. Mes dissections ont également établi que les fibres motrices du *rameau mylo-hyoïdien* ne proviennent point du nerf dentaire inférieur, comme on l'admettait généralement, mais qu'elles émanent directement du nerf masticateur.

(1) Voir mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. II, p. 191 et suiv. Paris, 1842.

(2) Shaw (Alex.), *Narrative of the discoveries of sir* Ch. Bell *in the nervous system*. Londres, 1839, p. 64.

(3) *Journ. de physiol. experiment.*, t. X, p. 17 et 20, 1830.

vons partager l'opinion du physiologiste anglais, parce que, chez l'homme, nous avons toujours vu la paralysie complète du nerf facial entraîner le défaut d'action du muscle buccinateur, de l'orbiculaire labial, etc., aussi bien dans la mastication que dans la respiration, d'où, après les repas, l'accumulation de parcelles d'aliments entre l'arcade dentaire et la joue; nous avons, d'ailleurs, fréquemment renouvelé les mêmes observations sur les chiens, après la section du nerf facial. Ce nerf ayant été divisé de chaque côté, chez un cheval, nous avons reconnu que l'animal, saisissant l'avoine avec ses dents, exécutait des mouvements masticatoires auxquels les lèvres et les joues ne prenaient aucune part active; aussi, l'avoine s'accumulait-elle en grande quantité entre celles-ci et les arcades dentaires. Sur le cheval, encore, nous avons galvanisé à plusieurs reprises le nerf buccal de la cinquième paire, sans exciter la moindre réaction du buccinateur, de l'orbiculaire labial, etc. (1), qui, au contraire, se contractaient avec les autres muscles de la face, lorsque nous appliquions le galvanisme au nerf facial. Toutes ces raisons sont donc suffisantes pour démontrer que le seul nerf facial régit les mouvements masticatoires et respirateurs des joues, à l'exclusion du rameau buccal, dont les filets de terminaison président exclusivement à la sensibilité de la peau ou de la muqueuse de ces parties, et, sans doute, aussi à la sensibilité de quelques muscles faciaux; mais ce rameau, se distribuant d'abord dans les muscles temporal et ptérygoïdien externe, excite aussi leur contraction : cette double mission du nerf buccal n'aura point lieu de surprendre, si l'on veut bien se rappeler que nos dissections ont appris qu'il provient à la fois de la portion ganglionnaire et de la petite racine du trijumeau.

Quant aux rameaux massétérin, temporaux profonds, ptérygoïdien interne et mylo-hyoïdien, fournis par cette petite racine (*nerf masticateur*), on a vu qu'ils sont exclusivement destinés à animer les muscles qui élèvent ou qui abaissent la mâchoire inférieure (2), et ceux qui tendent le voile du palais : ajoutons qu'aucun de leurs filets ne se distribue aux téguments.

Il n'est point sans intérêt de noter que, dans la déglutition, ces divers muscles associent leur action, et se contractent tous ensemble : quand on se prépare à avaler, la mâchoire inférieure se rapproche de la supérieure à l'aide des muscles temporaux, masséters et ptérygoïdiens internes, afin que la langue puisse venir s'appliquer à la voûte palatine; bientôt, l'os maxillaire étant fixé, les ventres antérieurs du digastrique, les mylo-hyoïdiens se contractent et élèvent l'os hyoïde, avec le concours des stylo-hyoïdiens et des génio-hyoïdiens; enfin, les péristaphylins externes tendent le voile palatin qui, de la sorte, continue la voûte résistante du palais, et s'oppose à l'introduction des aliments dans les orifices postérieurs des fosses nasales. Voilà donc tous les muscles qu'anime la petite portion de la cinquième paire, mis en jeu pendant la déglutition. Puisque les muscles élévateurs et abaisseurs de la mâchoire peuvent agir isolément ou simultanément, cet exemple, au milieu de tant d'autres, est donc propre à faire admettre, dans un tronc nerveux destiné à des muscles antagonistes, l'indépendance fonctionnelle des différents filets qui le constituent, et à prouver que, par conséquent, tantôt quelques uns

(1) Herbert-Mayo a obtenu le même résultat négatif sur l'âne, en irritant mécaniquement le nerf buccal. (Voy. *Journ. de physiol. expériment.*, t. III, p. 352.)

(2) Nous avons déjà dit que l'un de ces muscles abaisseurs, le génio-hyoïdien, recevait ses filets nerveux de l'hypoglosse.

de ces filets, tantôt tous à la fois, transmettent la force nerveuse motrice au système musculaire.

Nerf facial.

En parlant des usages du nerf trijumeau (1), j'ai déjà fait remarquer qu'avant Bellingeri (2) aucun physiologiste n'avait songé à s'enquérir, par la voie expérimentale ou pathologique, de la question de savoir si les deux nerfs de la face, le trijumeau et le facial, différaient ou non par leurs fonctions et leurs propriétés ; mais que la plupart des assertions de l'illustre physiologiste de Turin étaient entachées d'erreur, et qu'on ne saurait contester à Ch. Bell la gloire d'avoir introduit dans la science ces vérités nouvelles : 1° le facial a mission de faire contracter les muscles sous-cutanés de la face (3) ; 2° la portion ganglionnaire du trijumeau, de transmettre à l'encéphale les impressions tactiles développées dans cette région.

I. Ch. Bell et John Shaw (4), ayant expérimenté sur des ânes, des chiens et des singes, annoncèrent, en 1821, qu'à la suite de la section du facial, la sensibilité de la face ne subit aucune diminution, et que les mouvements seuls y sont abolis (5). Ch. Bell proposa d'appeler ce nerf, *nerf respiratoire de la face*, parce que, l'ayant coupé sur des animaux haletants, il vit les contractions de la narine du même côté cesser à l'instant même, pendant que l'autre narine continuait de se resserrer et de se dilater régulièrement avec la poitrine : il nota aussi l'impossibilité du rapprochement des deux paupières et du changement d'expression faciale dans le côté paralysé.

Toutefois, comme je l'ai déjà fait observer, Ch. Bell crut que certains mouvements, tels que ceux des lèvres et des joues, *durant la mastication*, persistaient sous l'influence de la cinquième paire : il admit d'abord que sa petite racine (N. *masticateur*) envoyait des filets anastomotiques à la branche maxillaire supérieure, et que cette dernière présidait, à l'aide de ces filets d'emprunt, aux mouvements que la lèvre supérieure exécute pendant la mastication (6). Plus tard, ayant reconnu son erreur anatomique, Ch. Bell affirma que les mouvements des joues et des lèvres, destinés à placer et à maintenir les aliments sous l'action des dents, n'en dépendent pas moins de la racine grêle de la cinquième paire ; mais seulement du nerf buccal qui, dit-il (7), « fournit des rameaux nombreux aux muscles des joues et des lèvres, pour les mettre en rapport avec les mouvements des mâchoires. »

Nous avons exposé, plus haut (p. 351), les faits qui empêchent d'admettre une pareille opinion : tous s'accordent à démontrer que, à l'exclusion du rameau buccal,

(1) P. 287.

(2) *Dissert. inaug. de nervis faciei*, etc. Turin, 1818.

(3) Aux muscles sous-cutanés de la face, *proprement dits*, il faut joindre les muscles auriculaires, peaucier et occipital, le ventre postérieur du digastrique, le stylo-hyoïdien, etc., beaucoup d'autres encore que j'aurai le soin de mentionner par la suite.

(4) Consultez *Manual for the student of anatomy*, by JOHN SHAW. *London*, 1821. — *On partial paralysis* du même auteur, dans *Transact. med.-chirurg.*, t. XII. — *Exposit. du syst. nat. des nerfs*, par CH. BELL. Trad. de Genest. Paris, 1825, p. 54. — *Journ. de physiol. expériment.*, t. I, p. 384. — *Ibid.*, t. II, p. 66. — *Ibid.*, t. X, p. 1.

(5) Il est presque inutile de faire observer que nous entendons par *mouvements de la face* seulement ceux qui dépendent des muscles sous-cutanés de cette région, à l'exclusion des mouvements de la mâchoire inférieure, du globe oculaire et de la langue, qui sont soumis à des muscles plus profonds qu'animent les nerfs *masticateur, moteurs oculaires* et *hypoglosse*.

(6) SHAW (Alex.), *Narrative of the discoveries of sir* CH. BELL *in the nervous system*. Londres, 1839, p. 64.

(7) *Journ. de physiol. expérim.*, t. X, p. 17.

le nerf facial régit aussi bien les mouvements masticateurs que les mouvements respiratoires des lèvres et des joues.

Backer (1) a constaté qu'après l'empoisonnement par la noix vomique, la section du nerf facial ramène aussitôt le calme dans tous les muscles sous-cutanés de la face, tandis que ceux des autres parties du corps continuent d'éprouver de vives convulsions. Toutes les fois que j'ai excité mécaniquement ou galvaniquement ce nerf moteur, j'ai toujours obtenu des contractions très apparentes dans les muscles des paupières, des narines, des lèvres, des oreilles, etc., tandis que ces mêmes muscles sont constamment demeurés immobiles, quand j'ai agi comparativement sur les diverses branches de la portion ganglionnaire du trijumeau. On doit alors expérimenter sur les bouts périphériques de ces nerfs préalablement divisés ; car, sans cette précaution, la douleur ne manquerait point, dans les deux cas, de convulsionner les muscles de la face, et par conséquent il en résulterait une grande confusion dans les résultats.

On est donc en droit d'affirmer que le nerf facial transmet aux muscles sous-cutanés de la face le principe de leur contraction, et que ce rôle lui est exclusivement propre, c'est-à-dire que nul autre nerf, le trijumeau par exemple, ne saurait le suppléer ou lui servir d'auxiliaire.

C'est là une vérité physiologique sur laquelle les expériences d'Herbert-Mayo (2), d'Eschricht (3), de Lund (4), de Magendie (5), de Schœps (6), de Backer (7), de Gædechens (8) et les nôtres ne peuvent laisser aucun doute, quand on associe leurs résultats aux nombreux faits pathologiques qui la démontrent également.

II. Il est aussi prouvé que le facial est tout à fait étranger à la transmission des impressions tactiles, puisque, d'une part, sa section ne modifie en rien la sensibilité générale de la face, et que, d'autre part, ayant nombre de fois pratiqué la section crânienne d'un trijumeau sur des lapins, j'ai toujours observé, à l'exemple d'autres expérimentateurs, la *perte absolue* de la sensibilité dans tous les points de la région faciale. Magendie a fait la même observation sur des chiens. On peut alors cautériser avec le fer rouge, détruire entièrement toute une moitié de la face ; l'animal reste impassible : preuve incontestable que le nerf facial lui-même intact ne sert point à conduire les impressions tactiles, et que cette fonction appartient exclusivement à la cinquième paire. D'ailleurs les observations pathologiques recueillies sur l'homme confirment ce fait d'une manière incontestable.

Les prétendus filets cutanés du facial, admis par quelques anatomistes, sont certainement des filets de l'auriculo-temporal (rameau de la cinquième paire), d'abord

(1) *Commentatio ad quæstion. physiol. a facult. med. Acad. Rheno Traject. an.* 1828 *proposit.* Utrecht, 1830.

(2) *Journ. de physiol. expérim.*, t. III, p. 354.

(3) *De functionibus septimi et quinti paris nervorum in facie propriis.* Dans *Journ. de physiol. expérim.*, t. VI, p. 228.

(4) *Coup d'œil sur les résultats physiologiques des vivisections*, etc. Dans *Journ. complém. du Dictionn. des sc. médic.*, t. XXVI, p. 204.

(5) *Journ. de physiol. expérim.*, t. II, p. 67. — *Leçons sur les fonct. du syst. nerv.*, t. II, p. 157 et suiv.

(6) Dans *Arch. de Meckel*, 1827, — et *Journ. complém. du Dictionn. des sc. méd.*, t. XXX, p. 114.

(7) *Op. cit.*

(8) *Nervi facialis physiologia et pathologia. Dissert. inaug.* Heidelberg, 1832.

associés au facial, au-devant de l'oreille, et offrant leur distribution terminale accoutumée.

III. Le nerf facial est-il sensible aux irritations mécaniques? Ce problème a été diversement résolu par les expérimentateurs. « Lorsque, dit Ch. Bell (1), nous coupâmes le nerf facial, l'animal (âne) ne donna aucun signe de douleur, et il ne fit aucun effort ni aucun mouvement dans le moment où le nerf fut coupé.... » « la section occasionna si peu de douleurs qu'on répéta plusieurs fois cette expérience sur l'âne et *sur le chien*, et toujours avec le même résultat. » Mais Mayo affirme que la section du facial est douloureuse chez le chien. « Nous avons répété cette expérience sur l'âne, dit Magendie (2), et l'animal, au moment de la section, témoigna qu'il y était fort sensible. » Schœps, Backer, Gædechens, etc. (*loc. cit.*), admettent la sensibilité du facial chez le chat et le chien, et Eschricht (*loc. cit.*) l'a constatée sur des lapins.

J'ai mis à découvert les branches principales du nerf facial chez le cheval, le bœuf, le mouton, la chèvre, le chien, le chat, le lapin, et j'ai constamment trouvé ces diverses branches très sensibles au pincement et à la section : quand on coupe ou l'on pince chacune d'elles, le chien et parfois même le lapin poussent des cris très aigus. Cependant, chez le lapin, j'ai reconnu, comme Magendie (3), l'insensibilité de la branche inférieure. Bien souvent, chez le chien, il m'est arrivé d'agir sur le facial immédiatement à sa sortie du trou stylo-mastoïdien : une vive douleur s'est manifestée toutes les fois que j'ai irrité ce tronc nerveux.

La sensibilité du nerf facial, en dehors de l'aqueduc de Fallope, étant incontestable, il reste à savoir si elle existe dès l'origine, si ce nerf a des fibres sensibles ou s'il emprunte celles-ci à d'autres nerfs avec lesquels il s'anastomose.

IV. Le nerf facial n'est sensible qu'en vertu de ses anastomoses avec le trijumeau : Magendie (4) prétend avoir pu reconnaître, *d'une manière directe*, l'insensibilité du facial *à son origine;* jusqu'à présent, cette expérience a toujours été impraticable pour nous, ou du moins, quand nous sommes parvenu à atteindre le nerf, les conditions dans lesquelles se trouvaient les animaux étaient trop défavorables pour permettre une conclusion rigoureuse. Mais il importe de dire que nous avons toujours pu démontrer la complète insensibilité du facial, à partir du trou stylo-mastoïdien, après la section *intra-crânienne* du trijumeau correspondant. On a vu (p. 290) par quel procédé celle-ci peut être pratiquée sans graves dégâts. Pour plus de rigueur dans l'expérience, le plus souvent nous n'agissons sur le facial que le lendemain de la section du trijumeau, et quand l'animal est déjà complétement remis de l'extrême douleur occasionnée par cette opération préalable : alors, le nerf facial étant mis à nu de chaque côté de la face, on constate que le pincement et la section sont très douloureux dans un cas, tandis que dans l'autre ces modes d'irritation ne sont pas même perçus. C'est constamment sur le côté qui correspond au trijumeau coupé, que l'on observe ce dernier effet négatif : nos observations ont été faites sur des lapins.

On se rappelle que Fodéra (5) est le premier qui ait divisé la cinquième paire

(1) *Ouv. cit.*, p. 62 et 63.
(2) *Journ. de physiol. expérim.*, t. II, p. 67.
(3) *Leçons sur les fonctions du syst. nerv.*, t. II, p. 181. Paris, 1839.
(4) *Ibid.*, p. 208.
(5) Voir plus haut, p. 288.

dans l'intérieur du crâne, et qu'il fut imité par Herbert-Mayo, Magendie, Eschricht, Lund, etc. Ces deux derniers auteurs (1), ayant soupçonné que la sensibilité du facial provenait de ses nombreuses anastomoses avec cette cinquième paire, eurent l'idée de diviser celle-ci à son origine et de rechercher si alors le facial demeurerait sensible. « Le crâne d'un lapin fut ouvert et l'*hémisphère gauche enlevé* (2) ; la cinquième paire du côté gauche, couverte par la dure-mère, fut mise à nu et coupée au milieu des cris violents de l'animal. Toute trace de sentiment disparut du côté gauche de la face. La septième paire du même côté fut pincée souvent, et l'animal ne donna pas une seule fois le moindre signe de douleur. Alors on découvrit la septième paire du côté droit ; chaque fois qu'on la pinça, l'animal témoigna visiblement de la douleur (de ce côté la cinquième paire était intacte). Ces expériences furent répétées plusieurs fois sur les deux côtés avec les mêmes résultats. » Ces expérimentateurs admettent que les anastomoses avec le plexus cervical remplissent, à l'égard de la *portion postérieure* de la septième paire, le même rôle que joue la cinquième à l'égard de la *portion antérieure*, c'est-à-dire des filets du facial qui en avant se distribuent à la face. Ce que Lund et Eschricht appellent portion postérieure de la septième paire n'est autre chose probablement que la branche inférieure ou cervicale, que nous avons trouvée *insensible* sur le lapin. Il serait donc possible que ces auteurs eussent pris pour cette dernière quelque division ascendante du plexus cervical.

Quoi qu'il en soit, les deux physiologistes danois concluent en ces termes (3) : « Il résulte clairement de ces expériences que la septième paire ne doit le sentiment qu'à ses seules connexions avec des nerfs sensitifs, » et non par conséquent à ses propres filets originels. Telle est aussi l'opinion de Magendie (4), qui, de plus, ayant expérimenté sur des chiens et ayant réussi à couper dans le crâne de ces animaux le tronc de la cinquième paire, a vu le facial devenir tout à fait insensible. J. Müller (5), qui ne cite aucune expérience qui lui soit personnelle, admet au contraire qu'après la section du trijumeau, le facial conserve un reste de sensibilité, que néanmoins il ne rapporte pas à des fibres sensibles propres à ce nerf : suivant lui, la principale cause de la sensibilité du facial doit être rapportée à une anastomose qui existe dans le canal de Fallope, entre ce tronc nerveux et le *rameau auriculaire* du pneumogastrique. Il nous semble inutile de réfuter cette assertion qui, ne reposant sur aucune preuve expérimentale ou autre, ne saurait contredire les résultats, parfaitement tranchés, obtenus par Magendie et par nous-même.

V. Une opinion opposée à celle que les faits nous font adopter a été émise par Bischoff (6), Barthold, Gædechens (7), etc. Ces auteurs pensent que le nerf facial doit sa sensibilité à ses propres filets originels, et ils la font dépendre d'un très petit tronc nerveux, intermédiaire au facial et à l'acoustique. Ils assimilent ce tronc nerveux si grêle, déjà décrit par Wrisberg et Sœmmerring (8), à une racine spinale postérieure, et citent ce renflement gangliforme du premier coude du facial comme

(1) *Coup d'œil sur les résultats physiologiques des vivisections.* Dans *Journ. complém. du Dictionn. des sc. médic.*, t. XXVI, p. 204.

(2) Cette ablation d'un hémisphère est inutile. Nous avons décrit un procédé à l'aide duquel on évite facilement une lésion aussi grave.

(3) *Rec. cit.*, p. 207.

(4) *Ouv. cit.*, t. II, p. 222.

(5) *Manuel de physiol.*, trad. de Jourdan, t. I, p. 573.

(6) *Nervi accessorii Willisii anat. et physiol.* Heidelberg, 1832, p. 73.

(7) *Nervi facialis physiol. et pathol.* Heidelberg, 1832.

(8) *De basi enceph.* Dans *Script. nevrol.* de Ludwig, t. II.

l'analogue du ganglion que présente chaque racine postérieure rachidienne. En un mot, le facial serait un nerf mixte et originairement constitué par deux racines, comme chacun des nerfs spinaux. La même opinion a été reproduite plus récemment par Morganti (1).

Gædechens, se proposant de reconnaître si réellement le facial tire uniquement sa sensibilité des branches nerveuses avec lesquelles il s'anastomose, exécuta les expériences suivantes : dans l'une, il coupa, sur un chien, le nerf sous-orbitaire, puis, en irritant les rameaux du facial anastomosés avec le nerf dont il venait de pratiquer la section, il développa de la douleur ; dans une autre expérience, il mit à nu une branche du facial anastomosée avec le nerf sous-orbitaire et excisa, sans toucher à celui-ci, une partie de la première. En pinçant le bout de la branche qui tenait au sous-orbitaire, pas de douleur ; tandis que l'animal souffrit quand on irrita le bout opposé. Gædechens s'empressa de conclure de cette expérience insignifiante que l'impression douloureuse avait été transmise par le tronc du facial, et que par conséquent ce nerf était sensible par lui-même. Mais, comme le fait remarquer P. Bérard (2) dans un mémoire savamment raisonné sur le nerf facial, cet expérimentateur avait négligé de tenir compte d'une disposition anatomique qu'il importe de prendre en considération : on se rappelle que le nerf de la septième paire, avant de s'épanouir sur la face, reçoit de la troisième branche de la cinquième deux ou trois rameaux anastomotiques qui s'y unissent au-devant du pavillon de l'oreille, et l'accompagnent, dans son trajet et ses divisions ultérieures, en sorte qu'il est impossible d'irriter la septième paire à la face sans agir en même temps sur quelques filets de la cinquième. Il est clair que cette disposition anatomique frappe de nullité l'expérience de Gædechens.

Sur quoi se fonde-t-on pour affirmer que les deux racines du facial ont des fonctions bien différentes, et que la petite *sert évidemment à la sensibilité ?* Est-ce sur une origine particulière de cette racine grêle que l'on poursuivrait jusqu'au faisceau postérieur de la moelle allongée? Il est vrai que l'on trouve cet argument dans la dissertation de Gædechens et dans celle de G. Cusco (3) ; mais jusqu'à présent, malgré les plus minutieuses recherches, il m'a toujours été impossible de constater une semblable origine. Est-ce sur l'existence d'un renflement ganglionnaire présenté par le premier coude du facial, que s'appuie la précédente opinion? Mais, d'une part, il n'est pas prouvé suffisamment que la petite racine contribue à la formation de ce renflement, à l'exclusion du facial proprement dit ; et, d'autre part, on est encore loin, à mon sens, d'avoir *démontré* que ce soit là un ganglion semblable à ceux des racines spinales postérieures, plutôt qu'un ganglion sympathique destiné par exemple à seconder l'action des ganglions otique et sphéno-palatin. Enfin, a-t-on rapporté des expériences tentées directement sur ce qu'on nomme la *double racine* du facial? Assurément aucune, car toute expérience est ici impraticable sur l'animal vivant.

Pour moi, le petit faisceau radiculaire auquel on voudrait donner des attributions si distinctes de celles du tronc du facial paraît avoir la même origine que ce tronc, et probablement il est, comme lui, en rapport avec le mouvement (4). Sa seule

(1) *Anatomia del ganglio genicolato. — Dissert. inaug.*, dans *Annali Universali di medicina*, etc. Juin 1845.

(2) *Journal des connaissances médico-chirurgicales*, t. II, p. 357.

(3) *Rech. sur différents points d'anat., de physiol. et de pathol.* Paris, 1848. *Thèse inaug.*

(4) On verra plus loin quel usage spécial je lui attribue.

existence semble avoir fait supposer qu'il s'agissait là d'une racine sensitive : or, si l'on voulait regarder, abstraction faite de l'origine, tout faisceau radiculaire d'un nerf comme une racine douée de fonctions distinctes, il faudrait donc attribuer bien des usages différents à plusieurs nerfs qui offrent des faisceaux radiculaires si multiples.

La doctrine que nous venons d'examiner nous semble donc, jusqu'à présent, dépourvue de preuves suffisantes pour entraîner la conviction.

VI. Voici d'autres faits opposés à l'opinion précédente. Sur un chien, ayant découvert le nerf facial à sa sortie du trou stylo-mastoïdien, ainsi que les trois branches principales qu'il fournit à la face, je pince successivement chacune d'elles au milieu des cris plaintifs de l'animal ; puis je *résèque le tronc nerveux*, et, malgré cette résection, des cris se font encore entendre quand on irrite de nouveau ces trois branches, en apparence séparées de l'encéphale. D'où dépend cette singularité ? Est-ce des filets anastomotiques qu'envoie à chaque branche, au niveau du col du condyle de la mâchoire, le rameau *auriculo-temporal* de la cinquième paire ? Magendie (1), qui, avant nous, avait fait cette même expérience, semble croire que la sensibilité n'est alors apportée aux divisions du nerf facial que par le rameau indiqué, et qu'on peut rendre insensible telle division du facial que l'on veut en coupant tel ou tel filet de l'*auriculo-temporal :* « la division ou la branche voisine restera tout aussi sensible qu'auparavant, si l'anastomose qui lui est propre n'a pas été coupée. » Or, *sur des chiens*, après avoir supprimé les différents filets anastomotiques de l'auriculo-temporal, j'ai divisé chacune des trois branches du nerf facial, de manière à former six bouts ou extrémités, dont trois libres ou périphériques, et trois adhérents au tronc nerveux. Ceux-ci sont restés fort sensibles au pincement : mais, chose remarquable ! hormis le bout libre de la branche moyenne, ceux-là se sont encore montrés sensibles au même mode d'irritation. Voulant savoir si ce dernier résultat ne tiendrait point à une perturbation passagère de la sensibilité, j'ai dû le lendemain répéter les mêmes essais, et constamment les mêmes effets se sont reproduits. Par la raison que le phénomène me semblait étrange, j'ai tenu à l'observer souvent, et dans aucun de mes cours je n'ai négligé de le représenter à d'autres observateurs : j'y tenais d'autant plus que Gædechens avait annoncé le contraire, d'après une expérience relatée plus haut. Mais je suis autorisé à croire que le physiologiste allemand n'a irrité que le bout libre de la branche moyenne, que j'ai toujours trouvé insensible : la contradiction n'est donc qu'apparente. Maintenant il nous reste à rechercher quelle peut être la cause de la persistance de la sensibilité dans deux des bouts périphériques du facial chez le chien, et de son absence dans l'un d'eux (le *moyen*). Ayant disséqué avec un soin minutieux les anastomoses terminales des premiers avec les rameaux mentonnier, sus et sous-orbitaires, j'ai trouvé une disposition propre à rendre compte du singulier phénomène qui nous occupe. En effet, quelques filaments venus de ces rameaux m'ont paru se recourber en *anses*, en dehors et en arrière, pour s'unir d'abord aux branches indiquées du facial, et se continuer, sans doute, en arrière, avec des filaments soit de l'auriculo-temporal, soit de quelque autre division du trijumeau : il en résulte que plusieurs filaments de ce dernier forment sur la face de grandes anses anastomotiques contiguës en partie aux branches supérieure et inférieure du nerf facial.

(1) *Leçons sur les fonct. du syst. nerv.*, t. II, p. 199, 229 et suiv.

Dès lors, ces branches étant coupées, les anses du trijumeau le sont également, et comme chaque extrémité de ces anses communique encore avec l'encéphale, on conçoit que, confondus avec elles, les bouts même périphériques du facial soient sensibles au pincement. Toutefois le bout moyen est insensible, parce qu'il ne concourt point à la disposition qui vient d'être signalée. Notre manière de voir s'est confirmée par les résultats négatifs que nous avons obtenus aussitôt après la section des rameaux mentonniers, sus et sous-orbitaires.

Concluons donc que le tronc du facial est sensible dès sa sortie du trou stylo-mastoïdien; que, sur la face, toutes ses branches jouissent d'une sensibilité incontestable (1); mais surtout que le tronc doit sa sensibilité à une *partie* du grand nerf pétreux, tandis que les branches doivent la leur à des anastomoses non seulement avec le rameau auriculo-temporal, mais encore avec les rameaux mentonniers, sus et sous-orbitaires du nerf trijumeau.

Puisque le facial est par lui-même dépourvu de toute sensibilité, il semble rationnel de douter qu'il puisse devenir le siége de douleurs névralgiques. Les auteurs qui, ayant observé quelques cas dans lesquels ces cruelles douleurs s'élançaient des environs de l'oreille, ont conclu qu'elles avaient nécessairement suivi les ramifications du nerf facial, sont loin d'avoir émis une conclusion irréprochable. Selon la remarque judicieuse de P. Bérard (2), on ne saurait alléguer la direction de la douleur comme un argument sérieux en faveur de l'existence de la névralgie du nerf facial : en effet, puisque des rameaux de la cinquième paire se joignent au facial derrière la mâchoire, et accompagnent ses ramifications sur la tempe et la face, il n'y a aucune raison anatomique de supposer que l'un de ces nerfs plutôt que l'autre soit le siége de la douleur; et l'analogie doit nous faire pencher pour la cinquième paire, puisque c'est bien évidemment sur les divisions de ce nerf de sensibilité que siége le tic douloureux des autres points de la face.

Influence du nerf facial sur les fonctions des organes des sens.

Si l'on jette un coup d'œil général sur les muscles sous-cutanés de la face, on voit que, groupés pour la plupart autour des orifices sensoriaux, ils servent à leur dilatation ou à leur constriction : il en résulte que chaque orifice sensorial est pourvu d'un petit appareil musculaire *extérieur* qui, à une exception près, est toujours sous la dépendance du nerf facial.

L'orifice *oculaire* se ferme par l'action de l'orbiculaire palpébral, et se dilate par celle de l'élévateur de la paupière supérieure (3). La constriction de l'orifice *nasal* est confiée au muscle triangulaire ou transversal du nez (Spigel et Albinus), et sa dilatation au muscle élévateur commun de l'aile du nez et de la lèvre supérieure, aidé peut-être du pyramidal. C'est le muscle orbiculaire labial qui resserre l'orifice *buccal* que dilatent, au contraire, les muscles buccinateurs ou dilatateurs transverses; les élévateurs de la lèvre supérieure, élévateurs communs et propres; les abaisseurs de la lèvre inférieure, les carrés; les élévateurs de la commissure, canin, grand zygomatique, petit zygomatique, et *risorius* de Santorini, quand ces deux derniers existent; les abaisseurs de la commissure ou muscles triangulaires. Quant à l'orifice *auriculaire*, il est difficile, dans la plupart

(1) Toutefois la branche inférieure est insensible chez le lapin.

(2) *Mém. cit.*

(3) Ce muscle, animé par le nerf moteur oculaire commun, peut être regardé, à cause de son action sur l'une des paupières, comme un muscle de la face.

des animaux, de diviser ses muscles en constricteurs et en dilatateurs; car c'est seulement dans quelques oiseaux et quelques reptiles qu'on trouve, au-devant de la membrane du tympan, deux espèces de lèvres susceptibles de s'ouvrir et de se fermer, comme s'ouvrent et se ferment les paupières devant le globe de l'œil.

Indépendamment de ces appareils musculaires *extérieurs*, dont la contraction dépend des filets *directs* du nerf facial et du nerf moteur oculaire commun, je reconnais, pour chaque organe de sens, un autre appareil contractile *intérieur* ou profond, qu'animent des filets *indirects* (1) de ces mêmes nerfs : c'est l'iris pour l'organe de la vue, et le voile du palais pour celui de l'odorat; ce sont encore le muscle interne du marteau uni à la membrane du tympan pour l'organe de l'ouïe, et enfin les canaux excréteurs des glandes salivaires pour l'organe du goût (2).

Les analogies que présentent ces diverses annexes contractiles, superficielles ou profondes, leur mode d'agir relativement à chaque sens, seront indiqués au fur et à mesure que nous étudierons l'influence de la septième paire sur chaque organe sensorial : seulement disons d'avance que, parmi ces annexes, les unes constituent des moyens de protection, tandis que les autres régularisent et facilitent l'exercice du sens.

1° *Influence sur la vue.* — Quand le nerf facial est coupé ou paralysé, la protection de l'œil, le cours des larmes, la vision elle-même, se trouvent compromis par suite du défaut d'action du muscle orbiculaire palpébral. L'occlusion des paupières devient impossible, et, dans les paralysies anciennes, la paupière inférieure se renverse légèrement en dehors; l'œil est plus ouvert que celui du côté opposé, ce qui se constate chez l'homme aussi bien que chez les animaux mis en expérience. Le degré plus grand d'ouverture des paupières dépend, dans ces cas, du muscle élévateur de la paupière supérieure, dont l'action persistante n'est plus contre-balancée par celle de l'orbiculaire palpébral. En l'absence du clignement, les paupières ne balaient plus avec rapidité la surface de la cornée, n'entraînent plus les corpuscules étrangers qui en altèrent la transparence, et qui deviennent une cause incessante d'irritation; aussi l'œil, sans cesse exposé à l'air et à la lumière, finit par s'enflammer, quelquefois même la cornée transparente devient opaque : Ch. Bell rapporte un exemple remarquable de cette dernière altération. Le plus souvent, néanmoins, la rotation et l'élévation du globe oculaire garantissent en partie cet organe. Le fluide lacrymal, dont la distribution à la surface de l'œil est abandonnée au seul effet de la pesanteur, n'y est plus répandu en une couche uniforme; au contraire, cette couche liquide est inégale, striée, d'où un trouble de la vision amené par la réfraction irrégulière des rayons lumineux. De plus, faute de l'action de certaines fibres de l'orbiculaire, désignées sous le nom de *muscles de Horner*, les points lacrymaux n'ont plus leur direction normale : aussi, les larmes s'écoulent-elles sur les joues. Un malade de l'Hôtel-Dieu, placé dans le service de Blandin, et affecté d'hémiplégie faciale, faisait aisément sortir de l'air par les points lacrymaux du côté paralysé toutes les fois que, la bouche et l'ouverture antérieure des narines étant closes, il exécutait un effort expiratoire : cette particularité n'existait point antérieurement à la paralysie.

(1) J'applique cette dénomination à certains filets du facial et du moteur oculaire commun, qui, avant d'arriver à leur destination, traversent d'abord un ganglion sympathique.

(2) Un rapprochement physiologique entre l'iris et les canaux salivaires pourra paraître forcé et peut-être même choquant : je dois donc avertir que je le maintiens ici surtout pour rappeler une analogie dans le mode de distribution nerveuse.

Quant à l'iris, c'est-à-dire à l'annexe contractile profonde de l'organe de la vue, je dois seulement rappeler ici qu'il représente un diaphragme dont l'ouverture ne permet le passage qu'aux faisceaux lumineux propres à produire une vision régulière, et qui arrête, absorbe tous les autres ; qu'au grand jour, il sert à prévenir les impressions trop étendues, trop vives de la rétine, et l'éblouissement qui en résulterait, etc. ; qu'enfin, il est animé par des filets indirects ou ganglionnaires du nerf moteur oculaire commun, qui lui-même fait contracter le muscle élévateur de la paupière supérieure.

L'orbiculaire palpébral et l'iris servent donc à la fois à protéger l'organe de la vision, et à régulariser son exercice : en présidant à la contraction de l'orbiculaire, le facial remplit un rôle dont l'importance est démontrée par les troubles qu'occasionne, dans les fonctions de l'appareil visuel, la section ou la paralysie de ce nerf.

2° *Influence sur l'odorat et sur les mouvements du voile du palais.* — L'intervention du nerf facial étant supprimée, la faculté olfactive disparaît ou au moins éprouve un affaiblissement très notable, que l'on doit rapporter à la paralysie des muscles qui entourent l'orifice antérieur des narines. En effet, cette paralysie rend impossible l'action de flairer, dont le but est d'augmenter la force du courant d'air chargé de molécules odorantes et de le diriger vers la partie supérieure des fosses nasales, siége du sens de l'odorat. Ch. Bell (1) et Diday (2) ont surtout fixé sur ce point l'attention des médecins et des physiologistes.

Ch. Bell dit avoir fait respirer, sans résultats, de l'ammoniaque à un homme atteint d'hémiplégie faciale : le côté paralysé n'en fut point affecté, parce que, d'après cet observateur, la vapeur ne peut arriver dans la partie supérieure des fosses nasales que si la narine est mobile. Ayant fait la même expérience sur un chien auquel il avait coupé le facial d'un côté, il reconnut que du côté sain l'animal éprouva les effets naturels de l'irritation de la pituitaire, tandis que les mêmes effets n'eurent point lieu quand on approcha le vase de la narine paralysée. John Shaw (3) dit avoir répété avec succès ces observations et ces expériences sur l'homme et sur l'âne, en faisant usage du carbonate d'ammoniaque. Les résultats que nous avons obtenus nous-même n'ont point été aussi absolus que ceux de ces expérimentateurs : la sensibilité générale de la pituitaire a été au moins mise en jeu, comme l'éternument l'a attesté dans plusieurs expériences. Mais ce que nous affirmons, c'est que, dans les cas d'hémiplégie faciale bien complète chez l'homme, nous n'avons jamais vu les malades, la narine saine et les yeux étant fermés, pouvoir discerner le tabac, le musc, le camphre, etc., malgré des inspirations réitérées et profondes. Tous ces faits sont donc propres à démontrer l'important concours, dans l'olfaction, du petit appareil musculaire qui borde l'orifice antérieur des fosses nasales, et qui est animé par des rameaux du nerf facial.

Indépendamment de cette annexe contractile superficielle, l'organe de l'odorat en offre, suivant moi, une autre plus profonde, le *voile du palais* : celui-ci, quoique

(1) *Exposit. du syst. nat. des nerfs.* Trad. de Genest. Paris, 1825, p. 160 et suiv.

(2) *Mém. sur les appareils musculaires annexés aux organes des sens.* Dans *Gazette médicale de Paris.*

(3) *On the effects produced on the human countenance by paralysis of the different systems of facial nerves.* Dans *Quarterly Journal of science*, mars 1822, et dans *Journal de physiol. expérim.*, t. II, p. 86.

destiné assurément à bien d'autres usages, peut, en effet, nous défendre, dans certaines circonstances, contre le renouvellement d'impressions olfactives désagréables, à peu près, pour ainsi dire, comme l'iris, en resserrant son ouverture, nous protége contre une lumière d'abord trop intense. J'essaierai maintenant : 1° d'établir la réalité du rôle que j'assigne au voile du palais dans l'olfaction ; 2° de démontrer que plusieurs de ses muscles se contractent à l'aide de filets *indirects* du facial, qui, d'abord, traversent le ganglion sphéno-palatin, comme l'iris se meut par l'entremise de filets du nerf moteur oculaire commun qui passent à travers le ganglion ophthalmique.

Si nous nous observons attentivement au moment où une odeur désagréable vient de nous impressionner, nous reconnaissons qu'une forte expiration s'effectue d'abord, dans le but d'expulser l'air odorant, puis que l'inspiration, au lieu de se faire par les narines, a lieu instinctivement par la bouche : alors les muscles péristaphylins internes et palato-staphylins élèvent le voile du palais qui, placé horizontalement, tend à fermer en arrière les orifices des fosses nasales, empêche la circulation de l'air dans leur intérieur, et, par conséquent, prévient de nouvelles impressions pénibles sur la membrane olfactive.

Quant aux filets nerveux qui, venus du facial, se rendent aux muscles élévateurs indiqués, j'ai démontré, dès 1838 (1), qu'ils partent du premier coude de ce nerf, et que, formant, *en partie*, le grand nerf pétreux, ils aboutissent au ganglion sphéno-palatin duquel ils émergent bientôt pour se rendre à leur destination. Sans parler de l'inspection anatomique, un nombre assez considérable de faits pathologiques semble confirmer mon sentiment à cet égard : en effet, Montault (2) rapporte une observation d'hémiplégie faciale, recueillie dans le service de Bailly, et curieuse en ce sens qu'il y avait une paralysie concomitante de la luette *et d'une moitié du voile du palais.* J'ai vu moi-même, et j'ai fait voir à d'autres personnes un cas pareil dans le service de Chomel. Diday (3) a noté la déviation de la luette vers le côté opposé à celui de la face atteint de paralysie, et il ajoute que Cruveilhier l'a également constatée deux fois devant lui à la Salpêtrière. Dans tous ces cas de paralysie du nerf facial, et dans plusieurs autres observés par Séguin (4), la luette a *toujours* offert une déviation à gauche, si la paralysie était à droite, et *vice versâ.* Tous ces faits sont donc favorables à mon opinion, et tendent à établir que des filets du facial animent certains muscles du voile palatin, comme l'immobilité de la pupille, dans les cas de paralysie du nerf moteur oculaire commun, atteste que ce nerf préside aux mouvements de l'iris. Cependant la déviation de la luette ne saurait avoir lieu toutes les fois que le facial suspend ses fonctions ; elle ne devra se manifester que si la cause paralysante siége sur le nerf facial, avant son premier coude et l'hiatus de Fallope.

Debrou (5) fait observer que la luette est naturellement déviée chez quelques individus, et que, par conséquent, on a pu prendre ces déviations naturelles pour un état pathologique. Cette remarque, sans contredire aucunement ce qui précède, doit engager les observateurs à noter avec soin l'état de la luette pendant et après la maladie, afin de savoir si, à ces deux époques, la luette conserve ou non la même

(1) *Journ. des connaissances médico-chirurgicales.*
(2) *Thèse inaug.*, 1831, n° 300.
(3) *Mém. cit.*
(4) *Communication verbale.*
(5) *Thèse inaug.*, 21 août 1841, p. 21.

direction. Mais, dans le cas où cette direction resterait la même, il ne faudrait pas encore trop se presser de conclure contre ma manière de voir, puisque, comme je viens de le dire, la luette ne peut être paralysée que dans certaines circonstances déjà indiquées.

Ayant appliqué le galvanisme au nerf facial, dans le crâne, Debrou (1) a constaté une fois *des mouvements très manifestes* du voile palatin, tandis que dans quatre autres expériences les résultats ont été négatifs : sa conclusion est « que le nerf facial ne donne aucun mouvement au voile du palais. » Les résultats négatifs obtenus par Debrou sont exacts et se sont également offerts à mon observation ; mais voici les motifs qui m'empêchent d'en tirer la même conclusion. Le *plus souvent*, en galvanisant le nerf moteur oculaire commun, je n'ai point vu de contractions dans l'ouverture pupillaire : d'après le raisonnement qui précède, il faudrait conclure que ce nerf est étranger aux mouvements de l'iris, et pourtant la section, la paralysie du moteur oculaire commun, démontrent positivement le contraire. Les grands nerfs splanchniques étant galvanisés, l'intestin grêle est presque toujours demeuré immobile. Or, les filets du facial et du moteur oculaire commun, desquels il s'agit, les grands splanchniques, sont dans le même cas, c'est-à-dire qu'ils traversent des ganglions sympathiques avant d'arriver aux parties contractiles qu'ils font mouvoir ; et il faut savoir que ces parties sont bien loin de réagir d'une manière constante, quand on applique le galvanisme à leurs nerfs modifiés dans leur passage à travers des ganglions. Si l'on n'observe pas toujours des contractions manifestes dans le voile du palais, à la suite de l'irritation galvanique du facial, on n'est donc point autorisé à en induire que ce nerf n'a aucune influence sur les mouvements du voile.

En avouant que notre opinion n'est peut-être pas suffisamment démontrée, disons néanmoins que les arguments qui viennent d'être examinés, et quelques autres encore, ne nous semblent pas, jusqu'à présent, de nature à la faire abandonner (2).

3[e] *Influence sur l'ouïe.* — Le petit appareil musculaire annexé au pavillon de l'oreille paraît avoir surtout pour usage, chez certains animaux, de diriger ce pavillon vers les points d'où partent les ondes sonores, et d'aider ainsi à la fonction auditive. Cependant, ce n'est point en tenant sous sa dépendance la contraction des muscles de l'oreille externe, que le facial peut agir sur l'ouïe d'une manière bien appréciable. Quant à ceux de l'oreille moyenne, on sait que l'existence des muscles antérieur et externe du marteau est problématique, aussi bien, par conséquent, que celle des filets nerveux que Caldani, Langenbeck, Bock et Hirzel ont cru leur être envoyés par la corde du tympan. Mais, selon nous, il est incontestable que le facial envoie *directement* un filet au muscle de l'étrier, et *indirectement* un ou deux autres au muscle interne du marteau. Ceux-ci procèdent du ganglion otique, comme les filets moteurs de l'iris proviennent du ganglion ophthalmique : or, puisque le premier ganglion emprunte sa racine motrice (*N. petit pétreux*) au facial, de même que le second tire la sienne du moteur oculaire commun, on peut donc croire, les contractions de l'iris étant sous la dépendance de

(1) *Thèse cit.*, p. 22 et suiv.

(2) On verra plus loin que, dans notre opinion, ce sont encore des filets du facial, d'abord anastomosés avec le glosso-pharyngien, qui font contracter les muscles des piliers du voile du palais (*glosso-staphylins et pharyngo-staphylins*). On se rappelle que le muscle péristaphylin externe est animé par la racine motrice du trijumeau.

e dernier nerf, que celles du muscle interne du marteau sont soumises indirectement au nerf facial.

Richerand (1), assimilant le rôle de la membrane du tympan, des muscles de l'étrier et du marteau, à celui de l'iris, considère ces organes comme des *modérateurs* des impressions auditives et visuelles.

l'aide d'expériences ingénieuses, Savart (2) a démontré que la membrane du tympan, desséchée et recouverte de sable, exécute sous l'influence d'un corps sonore, quand on l'abandonne à elle-même, des mouvements tels que les grains de sable peuvent être lancés à trois ou quatre centimètres de hauteur; tandis que, quand le muscle interne du marteau agit, et que, par conséquent, la membrane est tendue, il devient difficile de produire des mouvements appréciables dans les corpuscules indiqués : « De sorte, ajoute-t-il, qu'on serait induit à penser que les usages de ce petit muscle consistent, comme ceux de l'iris, à préserver l'organe des impressions trop fortes qu'il pourrait recevoir dans certaines circonstances. »

Dès lors, dans le cas de paralysie du nerf facial, *à son origine*, et, par conséquent, du muscle interne du marteau qu'il anime par l'entremise du ganglion otique, il est permis de pressentir que l'on devrait observer une susceptibilité anormale de l'ouïe, analogue à celle qui survient du côté de l'organe de la vue, quand l'iris est dilaté et immobile par suite d'une paralysie du nerf moteur oculaire commun. En effet, le professeur Roux (3), dans son récit de l'hémiplégie faciale qu'il éprouva en octobre 1821, s'énonce ainsi : « J'ai éprouvé, pendant toute la durée de la maladie, un phénomène fort singulier; c'était une disposition de la membrane du tympan à être douloureusement ébranlée par les sons un peu forts. »

Cette particularité, sur laquelle l'attention des observateurs ne s'est point dirigée, a dû se reproduire un certain nombre de fois; d'ailleurs, elle confirme pleinement ce qui précède, en même temps qu'elle révèle au moins une partie du rôle que le facial ou son accessoire (*nerf de Wrisberg*) est appelé à remplir dans l'audition.

Quant à la surdité, qui parfois coïncide avec la paralysie de la face, elle doit être sans doute attribuée à ce que la même cause morbide a suspendu à la fois l'action du nerf acoustique et celle du nerf facial. Du reste, cette suspension simultanée de fonctions s'explique par les rapports immédiats de ces nerfs, à leur origine et dans leur trajet intra-crânien.

Quant à la *corde du tympan*, qu'à cause de son trajet remarquable dans l'oreille moyenne, il est bien difficile de regarder comme étrangère à l'ouïe, on ne possède aucune donnée satisfaisante relativement à son action sur ce sens spécial. On a supposé que la corde du tympan, excitée par les vibrations de l'air contenu dans la caisse, transmettait cette impression au nerf facial dont elle provient, et que celui-ci faisait à son tour entrer en contraction le muscle tenseur de la membrane du tympan. Mais il est impossible de citer la moindre preuve plausible à l'appui de cette hypothèse.

On a déjà vu que la nature sensitive du *nerf intermédiaire de Wrisberg* n'était rien moins que démontrée. Ce nerf ne serait-il pas plutôt destiné à fournir à la fois le petit nerf pétreux qui, ayant traversé le ganglion otique, se rend au muscle interne

(1) *Nouveaux éléments de physiologie*, 10e édit., t. II, p. 260.
(2) *Journ. de physiol. expérim.*, t. IV, p. 294.
(3) *Thèse inaug.* de Descot, 1822, n° 233, p. 145.

du marteau, et le rameau qui anime le muscle de l'étrier ? S'il en est ainsi, le nerf de Wrisberg ferait mouvoir les muscles de l'oreille moyenne, et fournirait la racine motrice du ganglion otique, comme le moteur oculaire commun fait mouvoir la plupart des muscles de l'œil, et fournit la racine motrice du ganglion ophthalmique : c'est dans cette hypothèse que j'ai proposé autrefois de l'appeler *nerf moteur tympanique*. Il en résulterait qu'il faudrait faire dépendre la susceptibilité anormale de l'ouïe, signalée plus haut, de la lésion concomitante de ce petit tronc nerveux, et non de celle du facial proprement dit, comme je l'avais d'abord supposé à dessein.

4° *Influence sur le goût.* — Les lèvres et les joues concourent à retenir dans la bouche les corps sapides durant le temps nécessaire à leur impression sur l'organe du goût. Or, on sait déjà que la contraction des muscles de ces parties dépend du nerf facial qui, par conséquent, devient en quelque sorte un auxiliaire de la gustation : aussi, ce nerf ne fonctionnant plus, voit-on, pendant les repas, les aliments sortir par le côté paralysé ou s'accumuler entre les arcades dentaires et les joues, et la commissure labiale paralysée donner quelquefois écoulement à une certaine quantité de salive.

J'ai dit qu'indépendamment de l'appareil musculaire entourant l'orifice buccal, appareil qui agit aussi dans la prononciation, la sputation, la succion, etc., j'admettais, pour l'organe du goût, des annexes contractiles profondes, représentées par les canaux excréteurs des glandes salivaires : ces parties, sous certains rapports, il est vrai, bien éloignés, sont assimilables à l'iris, au muscle interne du marteau, etc. Quand un corps fortement sapide impressionne la muqueuse gustative, on sait qu'une sécrétion salivaire abondante a lieu afin d'amoindrir l'action trop stimulante de ce corps, comme a lieu aussi une contraction protectrice de l'iris ou du muscle interne du marteau pour défendre l'œil ou l'oreille contre une lumière ou un son trop intense. Or, la salive s'écoule dans des canaux dont la force contractile doit s'accroître en proportion de la quantité de salive sécrétée, et, chose digne de remarque, si l'iris, le muscle interne du marteau, certains muscles du voile du palais sont animés par des filets du moteur oculaire commun et du facial, qui traversent d'abord les ganglions ophthalmique, otique et sphéno-palatin, de même les canaux excréteurs de la salive paraissent devoir aussi leur contractilité à des filets du facial qui traversent les ganglions sous-maxillaires et parotidiens (1). Le mode de distribution nerveuse semble donc déjà établir ici quelque ressemblance. Puis, en considérant que la salive est un liquide essentiel à l'exercice et à la protection du sens gustatif, ce n'est peut-être pas pousser les analogies jusqu'à l'absurde que d'assimiler, dans certaines limites et sous certains rapports, les organes qui sécrètent ce liquide, et ceux qui le conduisent, à d'autres organes qui, comme l'iris, le muscle interne du marteau et la membrane du tympan, le voile du palais, concourent aussi à l'exercice et à la protection des sens de la vue, de l'ouïe et de l'odorat.

Sans vouloir nier que la *corde du tympan* ait d'autres usages, je pense donc qu'un certain nombre de ses filets constituent la racine motrice du ganglion sous-

(1) Dans les environs du col du condyle de la mâchoire inférieure, j'ai signalé (*Anat. et physiol. du syst. nerv.*, t. II, p. 423) l'existence de quelques renflements ganglionnaires, faciles à distinguer surtout chez le cheval. Le facial fournit les *racines motrices*, et l'auriculo-temporal les *racines sensitives* de ces ganglions parotidiens dont les *ramuscules moteurs* enlacent le canal de Sténon, tandis que les *ramuscules sensitifs* plongent dans l'épaisseur de la parotide.

axillaire, au même titre qu'une partie du *grand nerf pétreux* représente la racine motrice du ganglion sphéno-palatin, et que le *petit nerf pétreux* (1) représente celle du ganglion otique.

Quant aux autres filets de la corde du tympan, ils restent unis et confondus avec le nerf lingual. Les observations pathologiques et les expériences tendent à établir leur influence sur la gustation (2), attendu que l'altération du goût semble avoir été constatée dans des cas où le nerf facial était paralysé ou divisé au-dessus de l'origine du rameau tympanique : mais on est encore loin de s'entendre sur la nature de cette singulière influence, les uns voulant faire de la corde du tympan un nerf moteur, les autres un nerf sensitif, les autres enfin un nerf mixte (3).

Usages des rameaux du facial anastomosés avec les nerfs pneumo-gastrique et glosso-pharyngien. — Indépendamment du filet destiné au muscle de l'étrier et des filets indirects ou ganglionnaires précédents, qui tous sont fournis par le facial ou par le nerf de Wrisberg dans l'intérieur de l'aqueduc de Fallope, il ne faut point oublier deux rameaux anastomotiques, l'un avec le pneumo-gastrique, l'autre avec le glosso-pharyngien. Quel est le but fonctionnel de ces anastomoses? Le nerf glosso-pharyngien, devenu mixte par l'adjonction d'un rameau du facial et par son union avec le rameau pharyngien du spinal, se distribue à la muqueuse pharyngienne, à celle des piliers du voile du palais, etc.; tandis que les filets empruntés au spinal se terminent dans les muscles constricteurs du pharynx, et que ceux venus du facial s'arrêtent plus spécialement, suivant moi, dans les muscles des piliers, c'est-à-dire glosso-staphylin et pharyngo-staphylin (4). Il en résulte que le nerf facial anime non seulement les muscles constricteurs et dilatateurs des ouvertures nasale et buccale, mais encore ceux qui dilatent ou resserrent l'orifice bucco-pharyngé. En effet, les constricteurs transverses de cet orifice ou les pharyngo-staphylins, ses constricteurs verticaux ou glosso-staphylins, ses dilatateurs ou palato-staphylin et péristaphylins internes reçoivent des filets du facial qui leur parviennent, soit après s'être unis au glosso-pharyngien, soit après avoir traversé le ganglion de

(1) J'ai dit ailleurs que le filet du facial que je désigne ainsi n'est pas le même que celui auquel Arnold applique la dénomination de petit nerf pétreux.

(2) Bellingeri, *De nervis faciei; quinti et septimi nervorum paris functiones*. Turin, 1818. — Montault, *Thèse inaug.*, 1831, n° 300. — Diday, *Gazette médicale de Paris*, août 1842. — Bernard, *Annales méd.-psycholog.*, mai 1843, et *Arch. génér. de médec.*, t. VI, 1844. — Verga, *Gaz. méd. de Milan*, 24 juin 1843.

(3) Admettant la nature purement motrice de la corde du tympan, Guarini (*Annali universali di medicina*, 1842) affirme que ce rameau du facial aboutit spécialement au *muscle lingual* et au muscle stylo-glosse; qu'en animant surtout le premier de ces muscles, il sert à la production de la parole par les changements de formes qu'il peut faire subir à la langue. Pour motiver cette singulière assertion, Guarini cite des expériences galvaniques que je n'hésite point à regarder comme inexactes et mal instituées : les mouvements observés dans la langue devaient nécessairement avoir lieu, puisque l'extrémité de l'un des réophores avait été implantée dans la partie antérieure de cet organe. Bien des fois j'ai fait passer des courants électriques dans le tronc du facial, pris à son origine, en évitant de comprendre la langue dans le circuit, et jamais je n'ai réussi à déterminer dans cette dernière le moindre frémissement; les mêmes effets négatifs ont été obtenus, en agissant avec *les précautions convenables* sur la corde du tympan elle-même. Sous ce rapport, mes expériences s'accordent parfaitement avec celles de Biffi et Morganti (*Annali universali di medicina*, 1846). Il me paraît donc inutile de réfuter la précédente opinion à l'aide de plusieurs autres arguments qu'on pourrait lui opposer.

(4) Richet, alors prosecteur de la Faculté, m'a fait voir une préparation entièrement confirmative de mon opinion : il s'agissait d'un rameau du facial, qui, au lieu de s'anastomoser d'abord comme à l'ordinaire avec le glosso-pharyngien, allait directement se répartir, d'un côté, dans les muscles glosso-staphylin et pharyngo-staphylin. Cette préparation figure aujourd'hui dans les collections du musée de l'École de médecine.

Meckel. Quant aux muscles péristaphylins externes ou tenseurs du voile du palais ils empruntent leurs filets nerveux au *nerf masticateur* (1) et agissent surtout dans la déglutition, tandis que l'action des muscles précédents se rapporte à la respiration ou aux différents phénomènes qui en dépendent.

En admettant que le rameau anastomotique du facial avec le pneumo-gastrique présente des filets se rendant de ce dernier à l'oreille externe, comme le disent quelques anatomistes, nous avons néanmoins la certitude que plusieurs vont aussi du facial au pneumo-gastrique : seraient-ce là des filets qui ultérieurement parviendraient jusqu'au larynx, et le facial influencerait-il donc tous les orifices que l'air doit traverser avant d'arriver aux organes pulmonaires ? S'il en était ainsi, la dénomination, d'ailleurs impropre, de *nerf respiratoire* (2) lui serait applicable dans un sens beaucoup plus large que ne l'entendait Ch. Bell.

Nerf grand hypoglosse.

I. Nous avons démontré que tous les nerfs qui naissent du sillon collatéral antérieur de la moelle (3) sont exclusivement en rapport avec l'exercice de la motilité or, l'origine de l'hypoglosse s'observe au bulbe, sur le prolongement de ce même sillon ; de plus, sa distribution rappelle un nerf essentiellement moteur. Cependant Mayer (4) prétend que chez le bœuf, le chien, etc., il offre une petite racine postérieure assimilable aux racines spinales postérieures ou sensitives, et ce physiologiste croit devoir faire de l'hypoglosse *un nerf mixte*. Nous avons lieu de penser que Mayer a observé des cas exceptionnels, ou bien qu'il a rencontré une disposition que nous avons vue nous-même, c'est-à-dire une certaine divergence des filets radiculaires, dont quelques uns, dirigés en arrière, étaient pourtant loin de provenir du corps restiforme : ces filets se réunissant, chez le bœuf et le chien, en plusieurs fascicules, dont l'un est parfois postérieur aux autres, ce n'est point là une raison pour assimiler à la racine sensitive d'un nerf rachidien ce dernier fascicule, qui, d'ailleurs, ne nous a jamais rien présenté de ganglionnaire.

Ajoutons que, chez des chiens, en expérimentant sur le nerf accessoire de Willis nous avons pu agir sur les filets originels de l'hypoglosse sans enlever la voûte du crâne, et seulement à travers l'espace occipito-atloïdien, et que jamais l'arrachement de ces filets n'a paru être accompagné de douleur.

Le nerf hypoglosse, pris *dès son origine*, est donc tout à fait dans le même cas qu'une racine antérieure spinale.

II. Lorsque, sur des chiens ou sur des chats, j'ai pincé ou divisé l'hypoglosse au-dessus de l'os hyoïde, la douleur a toujours été assez vive pour leur arracher des cris plaintifs. « Quand on pince la neuvième paire (*hypoglosse*), dit Herbert Mayo (5), sur un chien ou un chat vivant, il en résulte de la douleur. » Magendie (6) a obtenu les mêmes résultats. Panizza (7) est assurément dans l'erreur

(1) Racine motrice de la cinquième paire.

(2) J'ai exposé plus haut les raisons pour lesquelles Ch. Bell désignait le nerf facial sous le nom de *nerf respiratoire de la face*.

(3) Racines spinales antérieures.

(4) *Physiol. du syst. nerv.*, par Müller, trad. de Jourdan, t. I, p. 112 et 113.

(5) *Journ. de physiol. expérim.*, t. III. p. 355.

(6) *Leçons sur les fonct. du syst. nerv.*, t. II, p. 290.

(7) *Ricerche sperimentali sopra i nervi*, etc. Paris, 1834.

quand il affirme que, chez le chien, l'irritation et l'excision de l'hypoglosse ne sont point douloureuses.

Si, d'après nous, l'hypoglosse du chien n'offre pas une racine postérieure ou sensitive, cette racine, de l'aveu de Mayer lui-même, ne s'observe point dans les chats. Dès lors, comment se rendre compte, chez ces derniers, de la sensibilité de l'hypoglosse, et surtout, comment expliquer qu'insensible à son origine, sur le chien, il devienne sensible ultérieurement? Ce nerf ne jouit que d'une sensibilité d'emprunt comme le facial, et il la doit principalement aux filets anastomotiques qui lui sont envoyés par la première anse du plexus cervical : toutefois, les anastomoses avec le nerf lingual ne sont peut-être pas sans influence sur la sensibilité des branches qui terminent l'hypoglosse (1).

III. L'effet le plus manifeste qui résulte de la *résection* des deux nerfs hypoglosses est l'abolition immédiate et permanente de la contraction de tous les muscles de la langue, sans lésion de la sensibilité tactile et gustative de cet organe. Si, comme le fait remarquer Panizza (2), on laisse pendant quelque temps un chien, auquel on a coupé ces nerfs, sans manger ni boire, et qu'on vienne ensuite à lui présenter une quantité déterminée de lait, l'animal approche son museau avec avidité, et exécute avec sa tête et sa mâchoire inférieure les mêmes mouvements qu'il ferait pour laper, sans toutefois pouvoir tirer sa langue hors de la bouche; si bien qu'après quelques tentatives inutiles il renonce à son entreprise. Alors pèse-t-on le liquide, on en retrouve exactement la même quantité. Si l'on offre à l'animal un morceau de pain trempé dans du lait, il le saisit avec voracité, et se met à le mâcher; mais à peine est-il divisé qu'il le laisse tomber pour le reprendre encore, le subdiviser, et ainsi de suite, jusqu'à ce que, réduit en très petits fragments, il l'abandonne. Si, par hasard, la pointe de la langue vient, pendant les mouvements de la tête, à sortir par l'un ou l'autre angle de la bouche, elle reste dehors sans que le chien puisse la retirer, en sorte que, pendant les mouvements de mastication, il la mord et pousse des cris de douleur.

La section des nerfs hypoglosses paralyse non seulement les mouvements volontaires de la langue et ceux qui concourent à l'acte de la mastication, mais elle annule encore ceux qui aident à l'accomplissement de la déglutition, comme le démontre l'expérience suivante : si l'on forme un bol avec des débris de pain et de viande, et qu'on le mette sur la face dorsale de la langue d'un chien, il se livre d'abord à des mouvements tels, pour le déplacer, qu'il devient évident que cet animal éprouve les plus grandes difficultés à y parvenir. Cependant on croirait qu'avec tous ces mouvements il va finir par le mâcher et l'avaler; mais, si le bol alimentaire ne s'échappe point de la bouche par suite des mouvements de la mâchoire inférieure, il se loge entre la langue et l'arcade dentaire, et on l'y retrouve encore après plusieurs heures. La déglutition ne s'opère donc pas, à moins que le bol alimentaire ne pénètre dans le pharynx, en y tombant par l'effet de son propre poids; encore, même dans ce cas, elle ne s'exécute qu'imparfaitement, attendu que le bol, comprimé par les constricteurs du pharynx, se divise et revient, en partie, dans la bouche par son orifice postérieur que la langue paralysée ferme d'une manière incomplète. Le même effet a lieu si, pour faire boire l'animal, on lui verse

(1) Nous avons dit précédemment (p. 309 et suiv.) quelle interprétation on est en droit de donner de l'anastomose de l'hypoglosse avec le pneumo-gastrique.

(2) *Mém. cit.*

un liquide dans la bouche. De là résulte qu'il faut beaucoup de temps et de patience pour nourrir l'animal auquel on a fait subir cette mutilation, et pour l'empêcher de mourir.

Une chose qu'il n'est pas sans intérêt de noter, dit Panizza, c'est que, quand par hasard on renverse ou retourne la langue du chien, en introduisant des aliments dans sa bouche, l'animal baisse et secoue chaque fois la tête avec la bouche ouverte, pour remettre sa langue en position naturelle.

Puisque l'animal qui a subi la section des nerfs hypoglosses, et auquel on dépose un morceau d'aliment sur le dos de la langue, accomplit certains mouvements qui dénotent en lui la volonté de mouvoir cet organe ; puisque, dans les mouvements de mastication qu'il exécute, si la langue vient à se placer entre ses dents, il la mord et il crie ; puisque enfin, celle-ci étant retournée, il cherche, par les mouvements de sa tête, à la remettre dans sa position naturelle, il faut en conclure que l'animal sent sa propre langue, et que par elle il sent aussi le contact des corps étrangers. Du reste, pour avoir une preuve plus convaincante de ce fait, il suffit de piquer la langue dans tous les points de son étendue, depuis sa pointe jusqu'à sa base : à chaque piqûre, l'animal donne des signes non équivoques de douleur, et, si l'on se rapproche de la base, des efforts de vomissements surviennent. Ces faits démontrent donc que la section des nerfs hypoglosses n'entraîne aucunement la perte de la sensibilité tactile de la langue.

Quant au goût, on ne peut savoir si les efforts auxquels se livre l'animal, après qu'on lui a déposé l'aliment sur la langue, sont provoqués par le simple contact, l'odeur ou la saveur de la substance alimentaire : aussi avons-nous toujours fait usage, dans nos expériences, de la solution aqueuse concentrée de coloquinte qui, étant complétement inodore, possède une saveur désagréable des plus prononcées. A peine une ou deux gouttes ont-elles impressionné la surface de la langue que le chien agite violemment sa tête et ses lèvres, et exécute des mouvements brusques de mastication, comme s'il cherchait à se débarrasser d'une sensation désagréable. La sensibilité gustative de la langue persiste donc chez un animal auquel on a coupé les deux nerfs hypoglosses.

Panizza a expérimenté sur des chiens et sur des moutons, et toujours il a obtenu les résultats précédents, que nous-même avons fréquemment reproduits. Chez le mouton, dit le professeur de Pavie, un symptôme particulier démontre encore l'abolition du mouvement dans la langue, à la suite de la section des hypoglosses, c'est l'impossibilité où il se trouve de pouvoir introduire dans la cavité buccale, pour les mâcher, les brins de feuilles, d'herbes ou de branches qu'il saisit entre ses lèvres.

Il résulte évidemment des faits qui précèdent que les nerfs hypoglosses tiennent sous leur dépendance immédiate la contraction des muscles de la langue : mais il faut se rappeler que la plupart des muscles antérieurs du col, encore animés, soit par le plexus cervical, soit par le nerf masticateur ou le facial, peuvent encore agir, d'où des mouvements *communiqués* à la langue paralysée.

Pour démontrer que les hypoglosses sont entièrement étrangers à la sensibilité tactile et à la sensibilité gustative de la langue, il suffit de rappeler que la section du lingual et du glosso-pharyngien, de chaque côté, fait *complétement* disparaître de cet organe le tact et le goût.

IV. Si, immédiatement après avoir divisé le nerf hypoglosse, on applique les

deux pôles d'une pile à son bout *périphérique*, on provoque des secousses convulsives très manifestes dans la langue ; tandis que cet organe demeure immobile, quand on fait agir le galvanisme sur le nerf lingual ou sur le nerf glosso-pharyngien, mis d'abord dans les mêmes conditions.

Cette simple expérience contribue aussi à démontrer que, des trois nerfs de la langue, l'hypoglosse en est le nerf moteur, à l'exclusion des deux autres qui ne peuvent le suppléer dans ses fonctions, ni lui servir d'auxiliaire.

J'ai dit (p. 365) ce qu'on doit penser de l'assertion de Guarini, qui attribue à la *corde du tympan* l'usage de présider aux contractions linguales en rapport avec l'articulation des sons.

V. *Opinions diverses sur les usages du nerf hypoglosse. — Historique.* — Galien (1) rangea ce nerf au nombre de ceux qu'il appelle « *duri et motorii*, » et déjà il en fit le nerf moteur de la langue, réservant au seul nerf lingual la faculté de transmettre les impressions sapides.

Au contraire, Boerhaave (2), se fondant sur ce que le nerf hypoglosse est uniquement destiné à la langue, tandis que la cinquième paire se distribue à diverses autres parties, regarda le premier comme chargé des fonctions gustatives, et crut « que le rameau que la cinquième paire envoie à la langue ne sert qu'à ses mouvements musculeux, comme il fait ailleurs. »

L'opinion de Boerhaave fut adoptée et défendue par plusieurs hommes célèbres, au nombre desquels il faut citer Lecat (3), Cheselden (4), Lieutaud (5) et Heuermann (6). Ce dernier rapporta même un cas où une *prétendue section* de l'hypoglosse, dans une opération sur l'homme, fut suivie de la perte du goût : mais, en lisant le récit de cette observation, on reste convaincu que le nerf qui avait dû être coupé n'était point celui qui nous occupe, mais bien le rameau lingual de la cinquième paire.

Le sentiment de Willis (7) tient le milieu entre celui de Galien et celui de Boerhaave. D'après l'illustre physiologiste anglais, l'hypoglosse, quoique présidant surtout au mouvement de la langue, n'en aurait pas moins de l'influence sur le goût. Vieussens (8), Hoffmann (9), Bohn (10), Ortlob (11), Morgagni (12), Luchtmans (13), professèrent les mêmes idées dernièrement reproduites par Ribes (14). Tous ces auteurs s'accordent, en effet, à supposer que l'hypoglosse envoie des filets à la muqueuse de la langue, et quelques uns même affirment les y avoir suivis jusque dans les papilles : on ne peut expliquer une pareille assertion qu'en admettant que des filets anastomotiques du nerf lingual ont été pris pour ceux de l'hypoglosse.

(1) *De usu partium*, lib. VIII, cap. V.
(2) *Instit. médic.*, § 486, t. IV, p. 237, édit. franç. de La Mettrie. Paris, 1747.
(3) *Traité des sens.* Paris, 1757, t. II, chap. du GOÛT.
(4) *The Anat. of the human body*, 7e édit. Londres, 1756, p. 238.
(5) *Élément. physiol.* Amsterdam, 1749, in-8, p. 291.
(6) *Physiologia*, t. II, p. 293.
(7) *De anima brutorum. Pars physiologica*, cap. XII, 59e édit.
(8) *Neurographia universalis.* Lugd., 1716, p. 211.
(9) *Idea mach. human. anat. physiol.* Altdorf, 1703, p. 306.
(10) *Circul. anat. physiol.* Lipsiæ, 1686.
(11) *Loc. cit.*
(12) *Advers. anat.* Leyde, 1741, adv. 6, animadv. 91, p. 118.
(13) *Dissert. de saporibus et gustu.* Leyde, 1758, p. 69.
(14) *Loc. cit.*

Dans le but de combattre l'opinion de Willis et celle de Boerhaave, on a consigné dans quelques ouvrages du temps deux observations, l'une de Columbo (1), l'autre de Rolfinck (2), dans lesquelles il y avait absence congéniale du goût chez deux sujets dont le rameau lingual de la cinquième paire n'aboutissait point à la langue.

Bornons-nous à rappeler ici que l'investigation anatomique, les expériences rapportées plus haut, et *les faits pathologiques* (3), déposent en faveur de la manière de voir la plus ancienne, celle de Galien, qui regardait l'hypoglosse (*sa septième paire*) comme destiné *exclusivement* à influencer la contraction musculaire.

Nerf spinal.

En traçant l'histoire physiologique du nerf pneumo-gastrique, nous avons démontré qu'on devait distinguer, avec Bendz (4), deux portions dans le nerf spinal : l'une *bulbaire*, l'autre *cervicale.*

La *portion bulbaire* (branche interne ou anastomotique des auteurs), dont les filets originels proviennent du bulbe rachidien, dans l'intervalle qui sépare la première paire cervicale du nerf pneumo-gastrique, a déjà été, pour nous, l'objet d'une étude détaillée (p. 313 et *suiv.*) : de cette étude il résulte qu'elle préside spécialement à la phonation, qu'elle concourt aussi à influencer les mouvements du pharynx et ceux de l'extrémité supérieure de l'œsophage.

Quant à la *portion cervicale* du nerf spinal (branche externe), qui seule doit maintenant fixer notre attention, elle naît de la moelle cervicale dans une étendue un peu variable, et va se ramifier dans les muscles sterno-cléido-mastoïdien et trapèze qui reçoivent également des rameaux du plexus cervical.

I. Cette dernière division du spinal est-elle insensible et exclusivement motrice? Toutes les fois que, sur le chien, j'ai pu la saisir entre les mors d'une pince ou l'arracher à l'aide d'un petit crochet, l'animal n'a jamais paru souffrir ; ce que je me suis expliqué en constatant une indépendance complète entre ce nerf et les racines postérieures des deux premières paires cervicales. Au contraire, son pincement, en dehors du rachis, a toujours été assez douloureux, sans doute à cause des filets anastomotiques que lui envoient plusieurs branches antérieures des nerfs cervicaux. Du reste, chez l'homme, ces dernières anastomoses m'ont paru plus nombreuses, dans les cas où il n'en existait aucune avec les deux premières racines postérieures cervicales. Nous pensons donc que le spinal est exclusivement moteur (5), comme les racines antérieures, le facial, l'hypoglosse, le moteur oculaire commun, etc.; qu'il s'adjoint des filets de sentiment, tantôt durant son trajet intra-vertébral, ce qui est plus rare qu'on ne le suppose, tantôt après ce trajet, ce qui est constant : ces filets, empruntés à des hauteurs variables, étaient aussi nécessaires à la sensibilité des muscles animés par la branche externe du spinal, que les filets propres de celui-ci sont nécessaires à leur contraction.

(1) *De re anatomica*, lib. XV, p. 483 et 486. Paris, 1572.

(2) *Dissertat. anatom.* Norimb., 1656, lib. IV, cap. XXXV, p. 733.

(3) Voir mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. II, p. 490. Paris, 1842.

(4) *Dissert. cit.*

(5) On ne saurait lui contester un pareil rôle, parce que son origine apparente a lieu dans le voisinage des racines postérieures : car toute l'épaisseur des colonnes antéro-latérales de la moelle étant consacrée au mouvement, évidemment les nerfs qui naissent tout auprès des racines postérieures peuvent être moteurs au même degré que ceux qui naissent à une grande distance de ces racines. L'origine apparente du masticateur, du pathétique, etc., n'a pas lieu sur les prolongements des faisceaux antérieurs de la moelle, et ils n'en sont pas moins des nerfs de mouvement.

II. L'illustre Ch. Bell (1) est le premier physiologiste qui se soit sérieusement appliqué à déterminer les usages de la branche externe du spinal, qui, suivant lui, se rapportent à l'accomplissement de certains actes annexés à la respiration, comme le cri, l'effort, la toux, l'éternument, etc. « Les nerfs intercostaux, dit-il, peuvent suffire à la respiration pour ce qui regarde l'office des poumons; mais ils ne pourraient exécuter les fonctions *surajoutées* à l'appareil respiratoire.... Ils ne peuvent suffire, par exemple, pour dilater complétement la poitrine dans le cas où *l'action de la voix est animée*..... Il y a des muscles du tronc qui aident les muscles respiratoires ordinaires; ce sont ceux qui sont les plus propres à élever la poitrine, et qu'on voit forcément influencés dans l'inspiration profonde, que l'action soit volontaire comme dans la parole, ou involontaire comme dans les derniers efforts de la vie.... Le sterno-mastoïdien élève ou hausse la poitrine, et son action est très évidente dans tous les états où la respiration est accélérée, surtout *pendant* le chant, la toux et l'éternument; le trapèze, le grand dentelé et le diaphragme concourent au même but. »

Puis, dans le but de démontrer que les nerfs rachidiens ordinaires ont une influence bien distincte de celle de la branche externe du spinal, en particulier, Ch. Bell cite le fait suivant : si l'on veut faire soulever les épaules à un homme dont un côté est complétement paralysé des mouvements volontaires, il ne peut élever, malgré tous ses efforts, que celle du côté sain; tandis que le malade n'a qu'à faire une grande inspiration pour qu'immédiatement les deux épaules s'élèvent en même temps. « Puisque, dit ce physiologiste, les muscles trapèze et sterno-cléido-mastoïdien reçoivent deux sortes de nerfs, dont les uns appartiennent aux *nerfs volontaires*, et les autres aux *nerfs respiratoires* (N. spinal), ne sommes-nous pas autorisés à conclure que, lorsqu'on meut la tête, comme cet acte appartient strictement à la volonté, il est exécuté par l'influence du système régulier des nerfs volontaires; que, quand la poitrine est élevée, c'est par un acte de la respiration résultant de l'influence des nerfs qui font agir les muscles respiratoires? » Cette conclusion lui paraît confirmée par l'expérience suivante : « Si, chez un âne, on met à découvert le *nerf respiratoire supérieur* (branche externe du spinal), et que l'on fasse ensuite accélérer la respiration de manière à faire entrer dans une action violente les muscles sterno-mastoïdien et trapèze, en même temps que les autres muscles de la respiration, et si, dans ce moment, on fait la section du nerf, le mouvement respiratoire des premiers muscles cesse, et ceux-ci restent dans le relâchement jusqu'à ce que l'animal les mette en mouvement comme muscles volontaires. »

Les résultats de cette expérience sont contredits par ceux que Bischoff (2), C. Bernard (3) et moi-même avons obtenus; car, après la section des nerfs spinaux dans l'espace occipito-atloïdien, la contraction des sterno-mastoïdiens était encore assez manifeste toutes les fois qu'on gênait la respiration en comprimant modérément les narines ou la trachée. Mais mes observations diffèrent de celles de ce dernier expérimentateur en ce que, malgré la destruction complète *de tous les filets*

(1) *Mém. sur les nerfs qui associent les muscles de la poitrine, dans les actions de la respiration, de la parole et de l'expression.* (Inséré dans *Expos. du syst. nat. des nerfs*, trad. de J. Genest, p. 108 et suiv.)

(2) *Dissert. cit.*

(3) *Mém. cit.*

inférieurs des spinaux, j'ai vu encore les sterno-mastoïdiens, mis à découvert, se contracter d'une manière sensible quand les animaux poussaient des cris (1) : je ne saurais donc admettre sa théorie des fonctions du spinal (qu'il propose d'appeler *nerf antagoniste de la respiration*), pas plus pour la *branche externe* que je ne l'ai admise pour la *branche interne*. (*Voyez* plus haut, p. 317.)

Dans cette théorie, en partie basée sur l'un des principes du système de Ch. Bell, les agents actifs de la respiration (muscles du larynx, muscles du thorax) reçoivent deux ordres d'influence nerveuse motrice. Dans l'état de *respiration simple*, l'influence du spinal sur eux est nulle, et c'est le *pneumo-gastrique* qui est supposé présider alors à l'action des muscles laryngiens en particulier; le nerf spinal n'excite des mouvements qu'en vue des actes de la vie extérieure, et c'est lui qui préside à tous les changements qui surviennent dans la motilité du thorax et du larynx lors *de la respiration complexe*, tels que l'effort, la voix. Ce nerf, au lieu de favoriser la respiration, est considéré comme propre à arrêter ou à modifier cette fonction, lorsque le larynx et le thorax doivent produire l'effort, la phonation, etc.; aussi le sterno-mastoïdien est-il réputé être entièrement paralysé, *pour ces actes volontaires*, après la destruction du spinal.

Or, il n'en a pas été ainsi dans mes expériences : seulement l'énergie de contraction des muscles sterno-mastoïdien et trapèze a paru être sensiblement diminuée aussitôt après l'opération, ce qui s'explique sans doute par la soustraction d'une grande partie du principe nerveux qui animait ces muscles. Et d'ailleurs ne pourrait-on pas concevoir que, vu leur affaiblissement ou leur demi-paralysie, qui pourtant leur permet d'agir encore dans la respiration ordinaire, ils fussent en effet devenus incapables de s'associer synergiquement aux autres muscles qui se contractent dans le cri ou l'effort, sans que pour cela on fût obligé d'avoir recours à la suppression d'une influence motrice spéciale?

En étudiant les usages du nerf pneumo-gastrique, j'ai eu occasion de démontrer que les moyens d'innervation, propres à entretenir une fonction, se multiplient en raison de son importance physiologique. La fonction respiratrice est des plus essentielles à la conservation de la vie; aussi la nature a-t-elle dû employer des artifices de toutes sortes pour en assurer l'intégrité, et multiplier la distribution des fibres nerveuses dans les organes chargés de son accomplissement. Dans mon opinion, les nerfs importants (au nombre desquels figure le spinal) que Ch. Bell nomme *nerfs respiratoires additionnels ou auxiliaires*, représentent un de ces nombreux artifices; seulement je ne les crois pas appelés, comme le veut le physiologiste anglais, à transmettre une influence motrice spéciale, et autre que celle des nerfs rachidiens ordinaires qui agissent dans la respiration, mais bien à seconder ces derniers et même à les suppléer dans certaines limites. Je suis loin de regarder aussi comme un fait démontré que la branche externe du spinal soit étrangère aux mouvements volontaires de la tête, et que la contraction des muscles sterno-mastoïdiens et trapèzes, propre à produire ces sortes de mouvements, soit sous la dépendance exclusive des rameaux du plexus cervical. Considérant la force nerveuse motrice comme partout identique, je crois qu'elle peut se répartir dans les muscles, indistinctement à l'aide de toutes les ramifications des nerfs moteurs qui s'y rendent.

(1) On se rappelle que le spinal préside à la phonation spécialement par sa portion bulbaire (*branche interne*) qui, seule, mérite le nom de nerf vocal : aussi sa portion cervicale (*branche externe*) étant détruite, les animaux peuvent-ils encore proférer des cris. (*Voyez* plus haut, p. 313.)

Parce que tel muscle se contractera successivement, tantôt avec un groupe musculaire pour accomplir un mouvement déterminé, tantôt avec un autre pour produire un mouvement différent, ce n'est pas une raison pour nécessiter deux ordres d'influence nerveuse motrice, quoique d'ailleurs deux nerfs ou un plus grand nombre puissent se rencontrer dans ce muscle : le concours de ces derniers ne me paraît avoir d'autre but que de mieux assurer l'exécution des divers mouvements auxquels un pareil muscle participe. Tout dépend ici de la première impulsion partie du centre nerveux de coordination : celui-ci commande tel ou tel mouvement, et aussitôt se contractent simultanément tous les agents musculaires chargés de l'exécuter. Du reste, que les muscles concourant à un même but soient animés par le même tronc nerveux ou par des nerfs multiples, à origines fort distantes, la coordination motrice ne sera pas moins précise dans un cas que dans l'autre.

III. Après l'excision de la branche externe du nerf spinal, quand on force les animaux à courir ou à faire un effort quelconque, on remarque qu'ils sont vite essoufflés. La dilatation et l'élévation de la poitrine, si importantes dans ces cas, n'étant plus guère influencées que par les muscles respiratoires ordinaires, ont lieu fort incomplétement par suite de la semi-paralysie des muscles sterno-cléido-mastoïdiens et trapèzes ; aussi les animaux font-ils des inspirations répétées, mais inutiles, dans le but de dilater suffisamment leur poitrine.

Enfin, après la destruction de la branche externe du spinal, on observe également une irrégularité dans la démarche de certains animaux, irrégularité provenant de la suppression du rapport harmonique qui existait entre les mouvements du thorax et ceux du membre antérieur.

Nerf grand sympathique (1).

Malgré la diversité des opinions émises sur les propriétés et les fonctions du grand sympathique, malgré le nombre des questions importantes qui restent à élucider encore, il ne faudrait point croire qu'en s'aidant des connaissances acquises sur le rôle de l'axe cérébro-spinal et des nerfs céphalo-rachidiens, qu'en s'appuyant sur une expérimentation directe ou indirecte, sur l'observation de certains phénomènes morbides et sur le raisonnement, on ne soit arrivé à aucune donnée satisfaisante, et que les physiologistes n'aient en partie déchiré le voile qui obscurcit l'étude de ce mystérieux appareil.

I. *Sensibilité du grand sympathique.* — Bichat (2), Wutzer (3), Lobstein (4), refusent la sensibilité au grand sympathique, et Dupuy (d'Alfort) (5) dit avoir enlevé les ganglions cervicaux sur le cheval, sans exciter de la douleur. Au contraire, Haller (6), en parlant d'un chien auquel il avait irrité le plexus hépatique, s'énonce ainsi : *Visum est animal doluisse.* » Flourens (7) affirme qu'ayant pincé

(1) Consultez, pour l'étude anatomique du grand sympathique, mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. II, p. 499 et suiv. ; la *Névrologie* de Valentin, l'*Anat. génér.* de Henle, dans *Encyclopédie anatomique allem.*, trad. par Jourdan, etc.

(2) *Anat. génér.*, t. I, p. 227. Paris, 1812.

(3) *De corporis humani gangl. fabr. atque usu*, p. 181. Berlin, 1817.

(4) *De nervi sympath. humani fabr. et morbis*, p. 94 et 95. Paris, 1823.

(5) *Observ. et expér. sur l'enlèvement des ganglions cervicaux des nerfs tri-splanchniques sur des chevaux.* Dans *Journal de Corvisart*, 1816, t. XXXVII, p. 340.

(6) *De partib. corp. hum. sent. et irritab. Opera minora*, t. I, p. 357.

(7) *Rech. expérim. sur les propr. et les fonct. du syst. nerv.*, p. 229 ; 2e édit. Paris, 1842.

le ganglion semi-lunaire chez plusieurs lapins, les signes de douleur ont été manifestes. Brachet (1), en répétant à plusieurs reprises l'irritation sur les ganglions thoraciques, a obtenu les mêmes résultats, surtout quand il agissait sur leurs filets de communication avec les nerfs spinaux. Mayer (2) a aussi constaté que les animaux sur lesquels il coupait le ganglion cervical supérieur ou irritait le plexus solaire, souffraient indubitablement. « Non seulement, dit J. Müller (3), j'ai vu plusieurs fois l'irritation mécanique ou chimique du ganglion cœliaque déterminer de la douleur chez les lapins, mais encore j'ai remarqué dans les expériences auxquelles je me suis livré, conjointement avec Peipers, sur la ligature des nerfs rénaux, que cette opération était fort douloureuse. »

Au milieu de ces assertions contradictoires, j'ai voulu, après avoir expérimenté, me former une opinion. Sur plusieurs chiens, j'ai irrité les ganglions semi-lunaires en ayant soin d'éviter la lésion des pneumo-gastriques ou le tiraillement des nerfs spinaux, par l'intermédiaire des nerfs splanchniques. Ces animaux ont donné des signes non équivoques de douleur, qui toutefois ne se sont point manifestés d'une manière aussi vive et aussi rapide qu'à la suite de l'excitation d'un nerf sensible de la vie animale. Il m'a paru important de ne pas opérer immédiatement après l'éventration de l'animal, et après le déplacement des viscères; sinon les vives souffrances qui résultent de cette manœuvre, en masquant celles qu'occasionne l'excitation du grand sympathique, peuvent amener beaucoup d'incertitude dans les résultats. Sur d'autres chiens, ce n'est qu'après une irritation prolongée des ganglions cervicaux et lombaires que j'ai réussi à faire naître des manifestations de sensibilité, d'ailleurs moins prononcées que dans mes expériences sur les ganglions semi-lunaires. Ceux-ci me semblent donc susceptibles de transmettre à l'animal les impressions qu'ils éprouvent, plus tôt et plus vivement que certaines autres dépendances du grand sympathique. Les grands nerfs splanchniques m'ont toujours paru jouir d'une sensibilité fort appréciable, au moins sur les chiens.

Les sensations douloureuses que font éprouver, dans les maladies, les organes auxquels le grand sympathique se distribue, établissent suffisamment sa faculté de transmettre les impressions sensitives, et viennent confirmer les résultats de l'expérimentation : l'injection d'un lavement salin occasionne des coliques; certaines tumeurs du mésentère, certains ulcères du rein font beaucoup souffrir les sujets qui en sont affectés, etc. Si l'on voulait regarder, avec Reil (4), les ganglions comme des demi-conducteurs qui arrêtent ordinairement la propagation des impressions faibles, et ne laissent passer que celles qui ont beaucoup d'intensité, on s'expliquerait, d'une part, comment dans l'état de santé, nous pouvons n'avoir point conscience d'impressions faites à des viscères qui, au contraire, deviennent douloureux dans l'état de maladie, et comment, d'autre part, des ganglions, qui d'abord paraissaient insensibles, deviennent sensibles à la suite d'une excitation directe et suffisamment prolongée (5). C'est, comme je l'ai dit, en agissant sur les

(1) *Rech. expérim. sur les fonct. du syst. nerv. gangl.*, p. 357 ; 2e édit. Paris, 1837.

(2) *Acta natur. curios.*, t. XVI, p. 11.

(3) *Physiol. du syst. nerv.*, trad. de Jourdan, t. I, p. 119.

(4) *Ueber die Eigenschaften des Ganglien-Systems und sein Verhæltniss zum cerebral System*. Dans *Reil's Arch.*, t. VIII, p. 189.

(5) Piégu (*Thèse inaug.*, Paris, 10 juin 1846) propose d'expliquer la sensibilité obtuse du grand sympathique, à l'état normal, par la faiblesse numérique de ses fibres sensitives, et l'exaltation de cette faculté, dans l'état morbide, par une congestion névrilematique de laquelle résulte leur compression ou leur étranglement. Du reste, il partage le sentiment de ceux qui regardent la moelle

ganglions cervicaux et lombaires que j'ai pu constater ce phénomène qui aurait été vu par Brachet (1) sur les ganglions thoraciques : mes essais, sur ces derniers, ont été constamment infructueux, à cause de l'état d'anxiété et d'angoisse, déterminé, chez les animaux, par l'affaissement du poumon qui suit l'ouverture d'un côté du thorax.

II. *Action motrice du grand sympathique.* — La constitution anatomique du grand sympathique et surtout les expériences révèlent en lui ce genre d'action. On n'ignore pas qu'il renferme des filets sensitifs et *moteurs* émanés des deux ordres de nerfs crâniens (2) ou de racines spinales ; qu'il constitue, par conséquent, un organe nerveux mixte. Or, tout nerf mixte ou simplement moteur, excité directement par les irritants chimiques, mécaniques ou galvaniques, provoque des contractions de l'organe musculaire auquel il se distribue : prouvons qu'en effet l'application immédiate de ces agents au grand sympathique peut donner lieu à pareil résultat. On sait qu'aussitôt que l'air atmosphérique frappe l'intestin d'un animal, les mouvements de cet organe deviennent très actifs, qu'ils conservent ce caractère pendant quelque temps, et qu'ensuite ils diminuent peu à peu jusqu'à ce qu'ils soient devenus très faibles : si l'on attend ce moment, et qu'on touche les ganglions solaires avec un morceau de potasse caustique, au bout de quelques secondes les mouvements péristaltiques du canal intestinal reprennent toute leur vivacité. J'ai souvent, dans mes leçons, répété sur des chiens cette expérience, faite d'abord par Müller (3) sur des lapins. Les ganglions sympathiques, quand ils sont irrités chimiquement, peuvent donc mettre en activité une *force motrice* jusque dans les plus petites branches qui se distribuent à des parties contractiles.

J'ai galvanisé plusieurs fois sans succès les grands nerfs splanchniques chez des chiens ; au contraire, d'autres fois j'ai réveillé avec beaucoup de force les mouvements du canal intestinal. Chose remarquable ! ce dernier résultat a été obtenu quand l'intestin renfermait des matières alimentaires : celui-ci était-il vide, le plus souvent la stimulation électrique demeurait sans effet. On se rappelle que j'ai déjà signalé de pareilles différences à propos de l'influence de la huitième paire sur les mouvements de l'estomac.

Les expériences de Fowler (4), Ludwig (5), Webster (6), Crève (7), et principalement celles d'Alex. de Humboldt (8), de Burdach (9), et les nôtres, démontrent aussi que les pulsations du cœur peuvent être ranimées par le galvanisme appliqué aux rameaux cardiaques du grand sympathique.

Toutes ces preuves directes suffisent pour rendre incontestable l'influence motrice du grand sympathique sur les muscles de la vie végétative, et pour mettre en évidence l'erreur de Volta, reproduite par d'illustres physiologistes, erreur consis-

comme la source commune de toutes les fibres du grand sympathique, sans en excepter *ses fibres grises ou organiques*, à la prédominance numérique desquelles il croit devoir attribuer les particularités physiologiques qui différencient ce nerf des autres nerfs cérébro-spinaux.

(1) *Loc. cit.*

(2) Les nerfs de sensations spéciales sont exceptés.

(3) *Ouv. cit.*, t. I, p. 122.

(4) *Experim. on anim. electricit.*, 1794.

(5) *Script. nevrol. min. select.*, t. IV, p. 408, exper. 3.

(6) *Thatsachen über Verbindung des Magens mit dem Leben*, 1796, p. 4.

(7) *Metallreiz*, etc., p. 96.

(8) *Expériences sur le galvan. et sur l'irrit. des fibres musc. et nerv.*, trad. de Jadelot. Paris, 1799, p. 342.

(9) *Traité de physiol.*, trad. de Jourdan. Paris, 1837, t. VII, p. 74.

tant à croire que les nerfs des organes musculeux placés en dehors du domaine de la volonté sont insensibles à l'action galvanique.

III. *Sources d'activité du grand sympathique.* — A l'exemple de Winslow (1), Bichat (2), et beaucoup d'autres auteurs, crurent devoir regarder le grand sympathique comme indépendant du système nerveux de la vie de relation, et les renflements ganglionnaires comme des espèces de petits cerveaux capables de développer la force nerveuse, et de la communiquer aux viscères sans le concours de l'axe cérébro-spinal. Aujourd'hui, au contraire, avec Scarpa (3), Legallois (4), etc., la plupart des physiologistes regardent ce concours comme indispensable, et voient dans le grand sympathique un appareil nerveux qui, à l'aide d'innombrables racines, tire *surtout* son influence de l'axe cérébro-spinal.

S'il était possible d'intercepter toute communication entre les nerfs de la vie de relation et le grand sympathique, d'examiner ensuite les changements qu'une pareille opération entraînerait dans l'exercice fonctionnel de ce dernier, nul doute qu'on arriverait ainsi à déterminer s'il puise exclusivement en lui-même le principe de son activité, s'il possède une indépendance absolue dans ses actes, ou bien à apprécier la somme d'action qu'il emprunte à l'axe cérébro-rachidien. Il suffit de réfléchir un instant à la disposition du grand sympathique pour reconnaître que les mutilations nécessitées par une expérience aussi laborieuse ne sauraient être compatibles avec la vie. Mais, à défaut d'une semblable expérience, nous pouvons néanmoins établir, à l'aide d'autres arguments, que le grand sympathique, isolé et dépourvu de toute influence étrangère, ne remplirait plus intégralement ses importantes fonctions.

On sait, par exemple, que le ganglion ophthalmique communique avec un nerf moteur qui est le moteur oculaire commun, et avec un nerf sensitif qui est la branche ophthalmique du trijumeau : or, si le nerf moteur oculaire commun est coupé ou atteint de paralysie, l'iris demeure immobile ; si la branche ophthalmique est lésée (5), ou si elle a été divisée avec le tronc du trijumeau, dans le crâne, la nutrition et les sécrétions du globe oculaire sont arrêtées ou viciées, et l'organe finit par se perdre à jamais. Pourtant, le ganglion ophthalmique subsiste ; petit cerveau fonctionnant isolément et par lui-même, comme le dit Bichat, présidant par lui seul au travail nutritif et sécrétoire de l'œil, aux mouvements involontaires de l'iris, pourquoi ne fonctionne-t-il plus? Parce que ses connexions avec l'encéphale sont détruites, connexions qui, par conséquent, lui fournissaient une influence fonctionnelle qu'il ne possède pas en lui-même, au moins à un degré suffisant.

Les observations pathologiques qui prouvent l'intervention évidente de la moelle dans les fonctions du grand sympathique ne font pas défaut dans la science. En étudiant le *Traité des maladies de la moelle épinière*, par Ollivier (d'Angers), on rencontre un assez grand nombre de cas dans lesquels ont été modifiés, d'une manière fâcheuse, soit les battements du cœur, soit les mouvements de la portion

(1) *Exposit. anatom. Traité des nerfs*, § CCCLXIV.
(2) *Anatom. génér.*, t. I, p. 213. Paris, 1812.
(3) *Anatom. annot. de gangliis et plexubus nervorum.* Modène, 1779.
(4) *Œuvres de Legallois*, t. I, p. 144 ; édit. de 1830, avec des notes de Pariset.
(5) Dans cette division du trijumeau, ainsi que dans les branches maxillaires supérieure et inférieure, se rencontrent, outre les fibres sensitives, d'autres fibres dites *grises* ou *organiques* qui semblent régir les actes nutritifs et sécrétoires.

moyenne du canal intestinal, c'est-à-dire de celle qui reçoit ses nerfs exclusivement du grand sympathique. Bellingeri (1) a remarqué, chez le mouton, que l'inflammation de la moelle est souvent suivie de l'inflammation des reins, que l'urine devient trouble et semblable au sérum du lait coagulé : ces organes, comme chacun sait, ne possèdent encore que des filets du système nerveux ganglionnaire. On a aussi observé des exemples analogues sur l'homme (2). Brodie (3), Home (4) et Hunkel (5) ont reconnu que l'urine devient alcaline dans les lésions traumatiques ou autres du cordon rachidien (6), et Krimer (7) a observé, chez des animaux, la suppression de la sécrétion urinaire, à la suite des lésions de la moelle, etc.

Tous ces faits sont loin d'être favorables à l'opinion dans laquelle chaque ganglion sympathique est regardé comme un petit centre qui agirait *indépendamment* de toute relation avec l'axe cérébro-spinal. Néanmoins, je ne crois pas qu'on puisse absolument refuser aux renflements ganglionnaires, si riches en substance grise et en vaisseaux, une certaine coopération comme centres d'innervation ; car l'exemple des fœtus amyélencéphales prouverait le contraire (8). Seulement, on est forcé d'admettre que, chez l'adulte, leur action propre est insuffisante à l'entretien fonctionnel du grand sympathique.

La source d'activité du grand sympathique me paraît donc être dans la substance grise des ganglions, et surtout aussi dans *la substance grise* de la moelle. Du reste, je reviendrai sur cette dernière opinion en cherchant à expliquer comment les mouvements qui dépendent du grand sympathique ne sont point volontaires. Qu'il me suffise, en ce moment, d'ajouter que la pathologie désignant la moelle comme un foyer d'incitation pour le système nerveux ganglionnaire, il n'est permis de regarder les faisceaux *blancs* médullaires que comme de simples cordons conducteurs, et que, par conséquent, il reste seulement la substance grise de la moelle qui soit apte, à cause de ses caractères anatomiques et de ses propriétés, à représenter un véritable centre d'action.

IV. *Le grand sympathique et le système nerveux céphalo-rachidien s'influencent réciproquement.* — Il résulte déjà des faits précédents que, sous le rapport physiologique, le grand sympathique et le système nerveux céphalo-rachidien offrent une connexion intime. Je rapporterai néanmoins d'autres exemples confirmatifs de cette vérité.

Quand ces appareils nerveux se contre-balancent tellement que l'un d'eux n'empiète pas sur le domaine de l'autre, il en résulte une harmonie d'action qui caractérise l'état de santé ; mais lorsque cet équilibre est rompu, alors on voit éclater des désordres fonctionnels ou des maladies plus ou moins graves.

Tout changement brusque survenu dans les organes centraux du système nerveux

(1) *Annali univers. di med.*, fascic. 92, 93. 1824, p. 379.

(2) *Inflammation de la moelle avec suppuration du rein droit.* Dans *Nouvelle biblioth. médic.*, t. VI, p. 92 ; *cit.* d'Ollivier (d'Angers), *in op. cit*, t. I, p. 144. Paris, 1837.

(3) *Lecture on the diseases of urinary organs.* London, 1832, p. 161.

(4) Cit. par Burdach, *Physiol.*, trad. franç., t. VIII, p. 205.

(5) *Journ. des connaissances méd.-chirurg.*, août 1834, p. 376.

(6) J'ai dit (p. 199 et suiv.) pourquoi les résultats de certaines vivisections ne semblaient point s'accorder avec les observations pathologiques.

(7) *Journ. complément. du Diction. des sc. médic.*, t. XXV, p. 207.

(8) On dit, en effet, que des embryons sont parvenus jusqu'au terme de la maturité, quoique leur moelle épinière et leur cerveau aient été détruits. (*Voy.* Eschricht. Dans *Muller's Archiv.*, 1834, p. 268. — *Thèse inaug.* de Lallemand, de Montpellier, etc.)

de la vie de relation peut réagir sur le grand sympathique : l'ictère, la diarrhée un flux d'urine claire et limpide se manifestent chez certains sujets au moment même où ils sont vivement impressionnés ; les idées érotiques activent la sécrétion du sperme, etc. La stimulation électrique de la moelle épinière réveille les contractions intestinales. Wilson Philip (1) a vu l'application de l'alcool à la moelle ou au cerveau produire une accélération dans les mouvements du cœur (2) que la frayeur, par exemple, fait battre encore avec plus de violence. Quoiqu'il me paraisse difficile de ne pas admettre que c'est en partie par les filets cardiaques du pneumo-gastrique que l'encéphale modifie les contractions du cœur dans le cas d'affection morale, je ne puis refuser, dans pareil cas, la même influence aux filets cardiaques du grand sympathique, puisque, après la section de la paire vague, des chiens, vivement émus par la détonation d'une arme à feu, m'ont offert aussitôt une accélération évidente des battements du cœur. Stanley (3) a rassemblé un assez grand nombre d'observations qui prouvent les relations fonctionnelles qui existent entre le plexus rénal, dépendance du grand sympathique, et la moelle épinière. Ces observations, qui démontrent si bien que les lésions de la moelle troublent la sécrétion urinaire, sont confirmées par d'autres auxquelles j'ai déjà fait allusion (p. 200). Ségalas (4), en agissant avec un stylet sur la moelle épinière d'animaux décapités, a vu l'éjaculation survenir par suite de la réaction de l'appareil excréteur du sperme ; et pourtant les vésicules séminales nous ont paru emprunter leurs filets nerveux exclusivement au grand sympathique.

Dans les ramollissements anciens de la moelle, les organes intérieurs, animés par le grand sympathique, sont quelquefois atrophiés d'une manière sensible. La digestion devient extrêmement lente, la température des viscères s'abaisse par la désorganisation partielle du cerveau, s'abaisse encore davantage quand on y joint celle de la moelle elle-même sur les animaux vivants (5).

Les impressions transmises à l'axe cérébro-spinal par des nerfs de la vie de relation peuvent, en excitant d'abord celui-ci, provoquer une réaction motrice dans des organes animés par le grand sympathique. Une sensation vive et douloureuse à la peau (même après la section de la huitième paire) fait battre le cœur avec violence par l'entremise des seuls filets cardiaques sympathiques ; l'impression que le nerf optique transmet à l'encéphale est suivie de mouvements dans l'ouverture papillaire (6) ; la contraction des vésicules séminales succède à l'excitation des nerfs du pénis, etc.

Les impressions vives émanées des organes auxquels se distribue le grand sympathique peuvent, à leur tour, en se propageant à l'encéphale ou à la moelle, donner lieu à la réaction de parties animées par des nerfs céphalo-rachidiens : c'est ainsi que les irritations du canal intestinal, chez les enfants, déterminent des convulsions ; que l'éclampsie suit de près les premières douleurs de l'accouche-

(1) *Biblioth. univ.* Genève, t. X, p. 182 ; et *An experim. Inquiry into the laws of the vit. funct.*, etc., chap. II, p. 80 ; chap. XI, p. 243.

(2) Ces expériences, avec l'alcool, m'ont souvent réussi *sur des animaux décapités*.

(3) *Du rapport qui existe entre l'inflammation des reins et les désordres fonctionnels de la moelle épinière et de ses nerfs.* Dans *Arch. génér. de méd.*, t. V, p. 95 ; 2e série, mai 1834.

(4) *Note sur quelques points de physiologie.* Dans *Journ. de physiol. de Magendie*, t. IV p. 293, 1824.

(5) WILSON PHILIP (*op. cit.*).

(6) Les ramuscules moteurs de l'iris émergent du ganglion ciliaire, dépendance du grand sympathique : on sait que le nerf moteur oculaire commun fournit la racine motrice du ganglion.

ment (1) ; que parfois les convulsions hystériques sont annoncées par des douleurs intolérables de l'utérus, des ovaires, de la région solaire, etc. On peut citer également les spasmes des muscles respirateurs qui accompagnent le vomissement, en tant que celui-ci est provoqué par des irritations du canal intestinal, des reins, de l'utérus, etc. Müller (2), en pinçant le grand nerf splanchnique, qui se distribue au canal intestinal après avoir traversé le ganglion semi-lunaire, dit avoir vu, sur des lapins, que les muscles abdominaux du même côté éprouvaient des contractions. Cette expérience ne m'a point réussi.

Quoi qu'il en soit, tous ces nombreux résultats conspirent à démontrer, suivant nous, combien l'école de Bichat s'éloignait de la vérité, en voulant isoler complétement, sous le rapport fonctionnel, le grand sympathique du reste du système nerveux. Il est évident, au contraire, que tout ce qui précède tend à le rapprocher de plus en plus des nerfs cérébro-rachidiens.

V. *Y a-t-il dans les ganglions du grand sympathique un pouvoir réflexe comparable à celui de la moelle ?* — Chacun sait que, chez un animal décapité, si l'on vient à irriter immédiatement les téguments du corps, celui-ci se meut en totalité ou en partie, suivant l'intensité de l'irritation (3). Le mouvement résulte ici d'une action en retour exercée par la moelle épinière, puisqu'il ne peut plus se reproduire aussitôt que la moelle est détruite. Cette action en retour du cordon rachidien est ce qu'on nomme, depuis quelques années, son *pouvoir réflexe*. Or, les ganglions sympathiques auraient-ils par eux-mêmes un pouvoir analogue, c'est-à-dire l'excitation centripète qui leur est transmise par les filets de sensibilité, serait-elle susceptible de se réfléchir ou de réagir sur leurs filets moteurs pour donner lieu à des mouvements auxquels serait étranger l'axe cérébro-spinal ?

Prochaska (4) dit que le cœur ne peut se contracter qu'autant que l'impression du sang sur ses cavités est transmise aux *ganglions* par les nerfs du sentiment, et *réfléchie* de là sur ses fibres musculaires par les nerfs du mouvement.

Plus tard, Grainger (5) n'hésite point à résoudre la question par l'affirmative, comme l'avait fait, une année auparavant, Clark (6) qui prétend que « les ganglions font l'office d'axes ou de centres par rapport à leurs derniers filaments, et qu'ils constituent des moyens de réflexion de ces filaments sur la fibre contractile. »

Grainger admet pour chaque ganglion un *système excito-moteur*, c'est-à-dire des fibres qui, distinctes des fibres primitives cérébro-spinales, seraient propres au ganglion et en rapport avec son *pouvoir réflexe*. Mais il faut reconnaître que, même l'existence de cet ordre particulier de filets étant admise, rien ne démontre que ces filets soient appropriés au pouvoir réflexe ganglionnaire plutôt qu'aux actes nutritifs et sécrétoires, comme nous le supposons avec quelques physiologistes.

Aucune preuve expérimentale n'est venue, en effet, confirmer l'opinion de Prochaska sur la réalité du pouvoir réflexe dans les ganglions sympathiques, en l'absence de l'axe cérébro-spinal. Au contraire, Volkmann (7), qui refuse à ceux-ci le pouvoir de déterminer des phénomènes de réflexion, cite des expériences qu'il

(1) Je n'ai trouvé dans l'utérus que des filets du grand sympathique.
(2) *Physiol. du syst. nerv.*, trad. de Jourdan, t. I, p. 238.
(3) Cette expérience réussit principalement sur les grenouilles.
(4) *Opera minora*, t. II, p. 169.
(5) *Observ. on the struct. and funct. of the spinal cord.* London, 1837.
(6) *The practical Anat. and Element. physiol. of the nervous syst.*, p. 111. London, 1836.
(7) *Mém. cit.*

a faites sur des grenouilles décapitées qui étaient dans la disposition aux mouvements réflectifs. Lorsque, d'après lui, la moelle épinière existait encore, le pincement des intestins provoquait des *contractions étendues*, tandis que, quand la moelle était détruite, la réaction demeurait limitée au lieu de l'irritation et était toute *locale*.

J'ai pu aussi, sur de très jeunes mammifères décapités, déterminer par le pincement du canal intestinal des mouvements qui n'étaient point bornés au lieu d'irritation, mais qui se propageaient soit en haut, soit en bas, et à une distance plus ou moins grande du point irrité ; tandis qu'après la destruction de la moelle épinière, le pincement ne déterminait plus qu'une dépression bornée au point même sur lequel j'agissais, sans se propager même en anneau autour du tube intestinal. J'ai renouvelé ces observations en déposant un petit morceau de potasse sur la surface muqueuse de l'intestin (1).

Pour saisir la signification de ces résultats, pour comprendre en quoi ils sont opposés à la doctrine du pouvoir réflexe ganglionnaire, on doit se rappeler que après l'ablation de l'encéphale, la moelle demeurant intacte, il suffit de l'attouchement d'un seul point des téguments pour donner lieu, par exemple, au mouvement général d'un membre ; et qu'au contraire, la moelle étant détruite à son tour, l'irritation même directe d'un muscle ne fait plus contracter, pour ainsi dire, que le point excité. Or, ce sont de pareilles différences que nous venons de signaler ; et si, après avoir sur un animal vivant détaché le canal intestinal avec le mésentère et le plexus ganglionnaire, ou même seulement avoir détruit la moelle, l'irritation ne produit plus qu'un resserrement tout local, au lieu d'une contraction étendue à une grande longueur de l'intestin, comme avant l'opération, il faut donc bien reconnaître que le conflit entre les fibres sensitives et motrices, duquel résultent les phénomènes appelés réflexes, ne peut se produire sans l'entremise de la moelle épinière, pas plus dans les fibres du grand sympathique que dans celles des nerfs céphalo-rachidiens.

Toutefois j'ajouterai une remarque : Des précédentes observations, il résulte seulement que le pouvoir réflexe ne saurait se manifester dans les ganglions sympathiques après la suppression du concours de l'axe cérébro-spinal ; mais il n'en résulte pas nécessairement que, à l'état normal et avec l'intégrité des centres nerveux, aucun phénomène de réflexion sensitivo-motrice ne s'accomplisse dans les renflements ganglionnaires. Il se peut, au contraire, que ces renflements soient alors le siége d'un conflit entre leurs fibres sensitives et leurs fibres motrices, qu'ils constituent des centres nombreux de réflexion, directement subordonnés à un centre commun d'action dont l'anéantissement enrayerait à l'instant même le jeu de tous les autres ; comme on voit, dans une machine, l'arrêt du rouage principal produire l'immobilité soudaine des rouages secondaires. Mais je n'ai aucun moyen direct de vérifier mon hypothèse.

Je ferai encore une autre remarque : On sait que l'existence de fibres nerveuses spéciales, dites *organiques*, *grises*, *végétatives*, etc., a été récemment démontrée dans les nerfs cérébro-rachidiens et dans le nerf grand sympathique où elles pré-

(1) Bidder (*Müller's Arch.*, 1844, p. 359 et suiv.) affirme, d'après ses expériences, que les mouvements de l'intestin pouvant régulièrement persister en l'absence du centre nerveux cérébro-spinal, on ne doit chercher l'appareil producteur et régulateur de ces mouvements que dans les ganglions sympathiques : mais ce physiologiste oublie évidemment que, dans toutes ses expériences le bulbe rachidien est demeuré intact ; sa conclusion est donc loin d'être rigoureuse.

dominent (1); que ces fibres naissent surtout des corpuscules ganglionnaires appartenant soit aux ganglions sympathiques, soit aux ganglions qu'on rencontre sur le trajet de certains nerfs sensitifs de la vie animale. On sait encore qu'elles ont paru à quelques anatomistes être spécialement destinées au système vasculaire, d'où le rôle qu'on leur a assigné dans les sécrétions, la nutrition et les opérations chimiques de la vie. Or, si les fibres précédentes, comme l'a établi l'observation directe, s'allient en grand nombre aux nerfs sensitifs céphalo-rachidiens (comme le trijumeau, les racines spinales postérieures, etc.), il existe aussi, entre les unes et les autres, un consensus remarquable que pouvait déjà faire supposer leur association anatomique, et que démontrent de nombreux exemples. Mais ces exemples ne sauraient faire admettre une action *directe* des nerfs sensitifs sur les vaisseaux qui apportent les matériaux de la nutrition et des sécrétions, puisque la faculté conductrice de ces nerfs paraît s'exercer uniquement dans une direction centripète, et que les actes auxquels je fais allusion nécessitent, au contraire, une influence centrifuge. On est donc ainsi amené à supposer que cette influence appartiendrait aux fibres végétatives associées aux nerfs de sensibilité; que la fonction des unes se trouverait liée à l'intégrité des autres; et, par conséquent, à admettre comme probable une sorte de *réflexion* de l'état des nerfs sensitifs sur les nerfs gris ou vasculaires, réflexion qui s'accomplirait, du moins en partie, dans l'intérieur des ganglions sympathiques et intervertébraux, puisque ces nerfs gris en tirent leur principale origine.

VI. *Des usages attribués aux ganglions du grand sympathique.* — Willis (2) considère les ganglions comme des *diverticules des esprits*, et le grand sympathique, en général, comme destiné à établir une sorte de consensus entre les organes dont le jeu est involontaire. Vieussens (3) place dans les ganglions, qu'il nomme *plexus gangliformes*, un principe fermentescible qui préside à la contraction de la fibre musculaire; et Lancisi (4), les comparant au cœur, en fait des centres d'impulsion qui aident au mouvement du fluide nerveux.

D'après Winslow (5), on doit les regarder « comme autant d'origines ou de germes dispersés de la grande paire de nerfs sympathiques, et, par conséquent, comme autant de petits cerveaux. »

Quant à J.-F. Meckel (6), il assigne pour usage aux ganglions : 1° de diviser les rameaux nerveux en ramuscules, et ceux-ci en filaments; 2° de faire parvenir des rameaux par diverses directions à des lieux éloignés; 3° de réunir plusieurs rameaux en un seul cordon. Zinn (7) défend cette manière de voir, en ajoutant que les rameaux, réunis de divers points dans un ganglion, sont plus intimement mêlés que dans les plexus; et Scarpa (8) ne voit aussi dans les renflements ganglionnaires qu'un artifice anatomique servant à unir, séparer, mêler les filets nerveux, et à influer mécaniquement sur leur distribution.

(1) Ces fibres ont été bien décrites surtout par Reichert, Bidder et Volkmann, Kölliker et Ch. Robin.

(2) *Cerebri anat. nervorum descript. et usus*; cap. XXVI, p. 210, in-8. Amsterdam, 1683.

(3) *Neurographia universalis*, lib. III. — *De nervis*, cap. V.

(4) *Epist. ad Morgagn., de gangliis nervorum.*

(5) *Exposit. anat. Traité des nerfs*, § CCCLXIV.

(6) *Mém. de l'Académ. de Berlin*, année 1749, p. 91, § XIV.

(7) *Ibid.*, année 1753, p. 137.

(8) *Anatom. annot.*, lib. I. — *De gangliis et plexubus nervorum.* Modène, 1779.

J. Johnston (1), remarquant que tous les organes auxquels se distribue le gran sympathique sont ceux dont le jeu est involontaire et non senti, regarde les gan glions placés sur son trajet comme destinés à isoler du cerveau les organes inté rieurs, et tout le grand sympathique comme un appareil d'isolement. Les ganglions en arrêtant les impressions éprouvées par les organes intérieurs, et en les empé chant d'arriver au cerveau, font que ces impressions ne sont pas perçues; et d même, en arrêtant les volitions cérébrales, et les empêchant d'arriver jusqu'au organes intérieurs, ils rendent le jeu de ceux-ci indépendant de la volonté. Si l grand sympathique, d'après le même auteur, est parsemé de nombreux ganglions s'il offre une texture différente de celle des autres nerfs, c'est qu'il devait êtr apte à produire et à communiquer la force nerveuse, ainsi qu'à prévenir la trans mission des impressions et des volitions cérébrales.

Bichat (2), Reil (3), Wutzer (4), et beaucoup d'autres encore, fécondèren l'opinion de Winslow et de Johnston. Selon Reil, les plexus et les rameaux d grand sympathique transmettraient des sensations et des volitions s'ils étaient de conducteurs parfaits; mais on peut les regarder comme des semi-conducteurs, e les ganglions comme des corps isolants. Il résulte de là, pour Reil, deux système nerveux et deux sphères d'activité nerveuse : 1° la sphère animale, où les impres sions sont senties, où les volitions déterminent les mouvements; 2° la sphère végé tative, où l'activité nerveuse est départie lentement, continuellement, obscuré ment. Dans ce dernier système, les impressions, sans être propagées au centr animal, déterminent des mouvements. Toutefois, dans l'état morbide, les cordon et les plexus communiquants deviennent conducteurs, les ganglions cessent d'êtr isolants, les impressions sont perçues et les mouvements sont influencés par l centre animal.

Toutes ces hypothèses peuvent, en définitive, se rapporter à deux seulement Avec Meckel, Zinn et Scarpa, les uns ne voient dans les ganglions qu'un arrange ment particulier, une simple disposition anatomique de filets nerveux; tandis qu les autres, avec Winslow, Johnston et Bichat, considèrent les ganglions comme de points d'origine et des organes multiplicateurs de l'action nerveuse.

On a regardé le système des ganglions comme un système séparé ou réuni, indé pendant ou dépendant, selon diverses circonstances que nous avons déjà en parti examinées. Ainsi, chez les fœtus amyélencéphales qui se sont développés malgr l'absence de l'axe cérébro-spinal, il est difficile de ne pas admettre, dans les ren flements ganglionnaires, une action nerveuse indépendante. Toutefois, il import de rappeler que, d'après la remarque de Breschet et de Lallemand (de Mont pellier), les ganglions sympathiques offrent, chez ces monstres, un volume plus considérable que chez les fœtus normaux; ce qui peut augmenter l'énergi fonctionnelle de ces ganglions et les rendre capables de suppléer en partie l'in fluence vivifiante de l'axe cérébro-spinal. De semblables faits ne sauraient donc détruire ceux qui démontrent que, sans le concours de ce dernier appareil, les fonctions du grand sympathique ne peuvent s'accomplir intégralement chez l'homme adulte. On a encore supposé que c'est l'incitation nerveuse, *née spontanément dans les ganglions sympathiques*, qui entretient, pendant un temps quelquefois

(1) *On the use of the ganglions of the nerves*. London, 1771.
(2) *Anatom. génér.*, t. I, p. 213 et suiv. Paris, 1812.
(3) *Arch. für die Physiologie*, Band VII, p. 189.
(4) *De corporis hum. gangl. fabr. atque usu monographia*. Berlin, 1817.

fort long, la circulation dans le ventre, dans la poitrine, ainsi que certains mouvements péristaltiques qui survivent chez l'animal à l'ablation du cerveau et de la moelle épinière; que c'est la même incitation ganglionnaire qui préside encore pendant quelque temps, sur les personnes qui ont eu la moelle épinière écrasée ou contuse, à l'exercice de la contractibilité musculaire des organes intérieurs. Mais il importe de rappeler, comme je l'ai souvent constaté dans le cours de mes vivisections, que les viscères, qui empruntent leurs filets nerveux au grand sympathique, sont bien loin d'être paralysés immédiatement, même par la section de ces filets; qu'au contraire, leur action persiste au point d'étonner l'expérimentateur qui ignorerait que, si le principe nerveux se propage plus lentement dans le grand sympathique que dans les nerfs cérébro-spinaux, il s'y tient aussi en réserve beaucoup plus longtemps, même dans les filets ne communiquant plus avec aucun ganglion. On est donc bien autorisé à soutenir qu'après des lésions comme les précédentes, les nerfs sympathiques n'ont fait que dépenser peu à peu la *force nerveuse* primitivement émanée surtout de la moelle épinière, centre principal, sinon exclusif, de sa production. Dès lors, quelle valeur peuvent avoir toutes ces expériences, et elles sont nombreuses, dans lesquelles, après de *simples sections de la moelle*, ayant vu persister les fonctions d'organes recevant des filets du grand sympathique, on s'est empressé de rapporter cette persistance fonctionnelle à la seule intervention de ces filets?

Quant à l'hypothèse dans laquelle les ganglions agiraient comme isolateurs, soit en arrêtant l'influence motrice qui part du cerveau et de la moelle épinière, soit en empêchant les impressions viscérales de parvenir au moins à cette dernière, nous avons rapporté assez d'exemples propres à la faire rejeter. Si ces sortes d'impressions ne sont point ordinairement transmises à la conscience, et si, la volonté n'a point d'empire sur les mouvements auxquels préside le grand sympathique, nous croyons qu'il faut rapporter la cause de ces particularités, non pas aux ganglions, mais à ce que, d'une part, ces impressions s'évanouissent dans la moelle elle-même, et à ce que, de l'autre, les fibres originelles du grand sympathique ne parviennent point, comme celles des autres nerfs, jusqu'à la source de l'influence volontaire.

VII. *Comment les mouvements auxquels préside le grand sympathique sont involontaires. — Particularités relatives à ces mouvements.* — Tout ce que nous avons dit jusqu'à présent démontre la dépendance physiologique dans laquelle se trouve le système nerveux ganglionnaire à l'égard de la moelle. On se rappelle aussi qu'il communique à la fois avec les nerfs moteurs et avec les nerfs sensitifs de la vie de relation, et que Mayer a même pu suivre, à travers les deux ordres de racines spinales, jusqu'au cordon rachidien, les fibres originelles du grand sympathique. Or, quand on étudie avec grand soin les racines spinales à leur origine, on peut reconnaître, au dire de plusieurs habiles anatomistes, que, parmi les filets radiculaires antérieurs ou postérieurs, les uns se continuent avec les fibres blanches de la moelle, tandis que les autres plongent dans sa *substance grise*. Les premiers, qui, par l'entremise des faisceaux médullaires communiquent avec l'encéphale, sont en rapport, comme ces faisceaux, avec la transmission des impressions et du principe des mouvements volontaires. Quant aux seconds, qui s'arrêtent dans la substance grise si bien organisée pour la production et non pour la transmission de la force nerveuse, ne serait-il pas rationnel de les regarder comme les filets

d'origine du grand sympathique, comme ceux qui puisent dans cette substance grise du cordon rachidien l'incitation envoyée par lui au système nerveux ganglionnaire? Dès lors il deviendrait facile de comprendre la liaison intime de celui-ci et de la moelle, d'expliquer comment les mouvements influencés par le grand sympathiques sont involontaires, et comment les incitations centripètes qu'il transmet se dispersent dans la substance grise de la moelle pour y activer la production de la force nerveuse, sans que la volonté ait à intervenir dans aucun de ces actes.

Appliquons cette théorie à un ganglion abdominal, par exemple, qui, comme tous les autres, est traversé par des fibres sensitives et motrices émanées de la substance grise de la moelle. Une impression est faite à la surface muqueuse de l'intestin grêle, et chemine, en passant à travers le renflement ganglionnaire, le long des filets sensitifs jusqu'à la substance grise indiquée : celle-ci fournit, en retour de sa stimulation, de la force nerveuse motrice qui, probablement augmentée par celle du ganglion lui-même, est transmise par les filets moteurs à la fibre musculaire de l'intestin qui réagit et se contracte. Il est évident qu'ici rien n'est parvenu aux lobes cérébraux, aux organes de la volition.

A. Les mouvements involontaires soumis au grand sympathique peuvent s'accomplir quelque temps avec régularité dans des parties complétement séparées de l'organisme. Le cœur, arraché de la poitrine d'un animal vivant, bat encore pendant longtemps; ses contractions durent même plusieurs heures chez les reptiles. Le canal intestinal, détaché du corps, continue ses mouvements péristaltiques. On a vu l'oviducte excisé d'une tortue se débarrasser encore de son contenu, etc. (1) Les filets nerveux qui pénètrent la fibre contractile, ne pouvant développer ici par eux-mêmes la force nerveuse, entretiennent ces contractions seulement jusqu'à ce qu'ils aient dépensé tout ce qu'ils en tenaient en réserve.

B. Si les parties douées de mouvement involontaire, comme le cœur et le canal intestinal, conservent, quelque temps après avoir été séparées du corps, le type de leur mouvement rhythmique ou péristaltique, il en résulte évidemment que ce type est indépendant du cerveau et de la moelle épinière, et qu'il doit être rapporté à un courant du principe nerveux agissant *périodiquement* dans le grand sympathique. Mais, dans ces cas, les plexus ganglionnaires et les ganglions ne sont même pas non plus nécessaires au maintien du type des mouvements involontaires; car, contrairement à l'opinion de Brachet (2), j'ai toujours vu, chez des mammifères (chiens, chats et lapins), le cœur, mis sur une table, se contracter encore périodiquement après que j'en avais retranché toute la base avec les plexus et ganglions cardiaques, c'est-à-dire après l'ablation des oreillettes jusqu'aux ventricules. J. Müller a fait la même observation sur le cœur de la grenouille. Il faut donc admettre que les ramifications terminales du grand sympathique peuvent, même après la mort, régulariser les mouvements involontaires, en dépensant, d'une manière périodique et plus ou moins rapide, la force nerveuse qu'elles retiennent.

C. Une autre remarque, concernant les mouvements influencés par le grand sympathique, différencie un peu ce dernier des nerfs de la vie de relation. Si l'on fait agir une irritation chimique, mécanique ou galvanique sur un nerf moteur

(1) J. Müller, *ouv. cit.*, t. I, p. 228.
(2) *Rech. expérim. sur les fonct. du syst. nerv. gangl.*, 2e édit. Paris, 1837, p. 163.

cérébro-spinal, on suscite des contractions brusques et, pour ainsi dire, aussi promptes que l'éclair à se montrer et à disparaître. Au contraire, les mêmes irritants sont-ils appliqués à des divisions du grand sympathique, la réaction motrice se fait toujours attendre quelques secondes, et n'arrive à son maximum d'intensité que quand la cause stimulante a déjà été soustraite. Ainsi, dans un cas, la contraction commence et cesse avec l'irritation; dans l'autre, elle ne commence qu'après l'irritation immédiate et dure plus longtemps qu'elle. Ces résultats semblent donc prouver que la transmission du principe nerveux est plus lente dans le grand sympathique que dans les nerfs cérébro-rachidiens, ou, en d'autres termes, que le premier est moins bon conducteur que les seconds. Toutefois, le caractère particulier de la contraction viscérale pourrait bien tenir aussi en partie à la nature de la fibre contractile elle-même.

La question de savoir si le système nerveux ganglionnaire peut être considéré comme l'appareil organique spécial des *sympathies* a été examinée précédemment (p. 119 et suiv.).

Son intervention dans l'accomplissement des phénomènes nutritifs et sécrétoires a également été mentionnée (p. 98 et suiv.).

Quant à l'influence particulière que le grand sympathique exerce sur beaucoup d'organes de l'économie, les nombreux détails que cette étude comporte nous obligent à renvoyer le lecteur à notre *Traité d'anatomie et de physiologie du système nerveux*, t. II, p. 593 et suiv. (1). Ici, nous croyons devoir nous en tenir aux notions générales précédemment exposées.

DES FACULTÉS INTELLECTUELLES ET MORALES.

Considérations préliminaires.

Nous avons consacré d'assez nombreuses pages à la détermination des rapports du système nerveux avec les facultés intellectuelles et morales; nous croyons ne pouvoir nous dispenser de réserver ici une place à l'étude de ces facultés considérées en elles-mêmes.

Cette étude est plus particulièrement du ressort de la philosophie, que l'on a vaguement appelée la science de tout, et qu'Aristote et Descartes, ces deux grands penseurs, définissaient la science des premiers principes et des premières causes. Dieu, l'homme et le monde sont les trois objets de la philosophie : la science de Dieu, *théodicée;* la science de l'homme moral, *psychologie*; la science du monde, *physique*, en prenant ce mot dans son acception la plus haute et la plus étendue.

L'importance de la psychologie n'a pas besoin d'être démontrée : quel objet plus digne de l'homme que l'homme lui-même? Prétendre que le dernier but de la création nous est connu, serait téméraire; dire que tout a été créé pour nous, même les mondes cachés dans les profondeurs de l'immensité, serait orgueilleux; mais on n'en conviendra pas moins que l'homme est le centre d'une vie intellectuelle qui suppose, de la part de son créateur, une idée, une destination, un but. Chercher ce but, le connaître, l'approfondir, est le propre d'une science au-dessus de toutes les autres; car c'est en elle que résident les lois morales de l'humanité.

(1) Voir aussi, plus haut (p. 309 et suiv.), ce que nous avons dit du nerf pneumo-gastrique dont l'histoire se confond, en beaucoup de points, avec celle du grand sympathique.

Les physiologistes s'accordent à considérer le système nerveux comme le siége des facultés intellectuelles, et, chez les anciens comme chez les modernes, aucun philosophe n'a méconnu les rapports étroits qui unissent les organes du corps et les manifestations de la pensée. On sait que le *cerveau* en est l'organe ou du moins la condition matérielle : incomplétement développé, l'intelligence reste à l'état rudimentaire et comme étouffée ; est-il malade, elle s'altère ; détruit, elle se perd, et la vie s'éteint rapidement.

En présence d'une vérité que proclament avec la même évidence la physiologie expérimentale et l'observation des phénomènes morbides, on a lieu de s'étonner que la question suivante ait pu être posée : Les médecins sont-ils aptes à s'occuper de psychologie ? « La physiologie, dit-on (1), n'embrasse que des faits qui se touchent et se voient. Comment en serait-il autrement, si c'est toujours à de la matière qu'ils se rapportent, et dans l'étendue qu'ils s'accomplissent. Ces faits, le médecin les observe par les sens et les explique par l'induction ; il doit s'y renfermer. Tout ce qui dans notre corps n'est pas appréciable aux sens, ce qui n'est ni modification de la matière, ni mouvement de l'organisme, sera une science spéciale et distincte qui est fermée aux physiologistes... La physiologie et la psychologie sont distinctes comme la vie du corps et la vie de l'âme, etc. »

L'auteur de ces réflexions, après avoir reconnu d'ailleurs la dépendance des phénomènes intellectuels du libre jeu de l'organisation cérébrale, semble oublier combien ces connaissances sont solidaires. Non, quoi qu'on en dise, nul n'a indiqué où s'arrête le champ de la physiologie, où commence celui de la psychologie. Sans une notion approfondie des fonctions des diverses parties du système nerveux, comment parler avec assurance de la sensibilité et même des facultés intellectuelles ? Sans la comparaison des penchants, des instincts, des mœurs des animaux avec ceux de l'homme, peut-on espérer connaître tous les éléments du problème ? Faut-il demander les observations aux philosophes purs ou bien aux médecins naturalistes ? Pour traiter convenablement de telles questions, ce n'est point trop de tous les procédés, de toutes les facultés et de tous les moyens de recherches de l'intelligence humaine. « Il n'appartient qu'à celui qui a pratiqué la médecine, dit Diderot, d'écrire de la métaphysique. Lui seul a vu les phénomènes, la machine tranquille ou furieuse ; faible ou vigoureuse ; saine ou brisée ; délirante ou réglée ; imbécile, éclairée, stupide ; bruyante, muette, léthargique ; vivante ou morte. » Et, en effet, combien de matériaux précieux pour leurs immortels ouvrages, Démocrite, Aristote, Descartes, Buffon, Cuvier, etc., ces grandes lumières des siècles scientifiques, ne puisèrent-ils pas dans la médecine ? Cette science, dont les anciens attribuaient l'origine à la divinité, a pu être considérée comme l'expression entière de l'étude de l'homme ; aussi était-ce surtout au médecin que s'adressait ce précepte inscrit sur le fronton du temple de Delphes : Γνῶθι σεαυτόν (*Connais-toi toi-même*).

La *psychologie* est la science qui traite des facultés de l'âme. Aristote (2), le premier, lui a donné cette signification et cette grandeur ; Bonald (3), en définissant l'homme *une intelligence servie par des organes*, a parfaitement tracé les limites de cette science, et posé tout un système. En effet, c'est par l'intelligence seule que

(1) *Manuel de psychologie*, par AMÉDÉE JACQUES, Jules Simon, Émile Saisset. Paris, 1846.
(2) Consultez la savante traduction de la *Psychologie d'Aristote*, par Barthélemy Saint-Hilaire.
(3) *Recherches philosophiques sur les premiers objets des connaissances morales*. Paris, 1818.

l'homme est ce qu'il est; sans elle, il n'y aurait en lui qu'un genre, une variété de l'innombrable espèce animale, tandis que l'homme est véritablement une créature spéciale et privilégiée à laquelle ne peut être comparée aucune de celles qui nous sont connues. Lorsque les anciens, qui ont jeté un regard si profond dans la nature, ont appelé l'homme un petit monde, ils avaient jugé qu'en effet tout un monde se réfléchissait au dedans de sa pensée, et qu'elle seule renfermait un mystère dont ils ne se lassaient pas de chercher le sens.

La plupart des philosophes se sont occupés de psychologie. Aristote (1) en contient presque tous les éléments, traités le plus souvent avec la profondeur et la justesse particulières à ce génie célèbre. Locke (2) en est regardé comme le vrai fondateur: l'*Essai sur l'esprit humain* est consacré à déterminer la nature de nos connaissances, leur étendue, leurs limites et surtout leur origine.

Analyse des facultés de l'âme, origine de ces facultés, nature du principe pensant, tels sont les trois points qui vont nous occuper. Les deux premiers ont leur intérêt et leur importance; mais c'est à déterminer la nature, l'essence du principe pensant que doit tendre toute science pratique: « Car, dit Jouffroy (3), c'est d'elle que dérive toute la moralité des actions de l'homme, et sur elle que repose sa destinée future. » La question d'une substance immatérielle ou simplement organique domine toutes les autres. La connaissance et la véritable appréciation des facultés des animaux sont d'une haute importance pour la solution de ce grand problème. Mais là n'est pas toute la difficulté: en admettant, dans l'homme, la pensée et le corps comme principes indépendants, il resterait à examiner le moyen d'union des deux principes et leur influence réciproque. Poser de telles questions, c'est dire que nous ne pouvons les traiter que dans les limites les plus restreintes; nous mettrons plutôt nos soins à les indiquer qu'à les résoudre, tout en émettant le vœu que des médecins, familiers avec des questions aussi épineuses, les traitent avec l'étendue qu'elles comportent.

La seule manière de faire de la philosophie est la méthode d'observation (4). A part quelques partisans de l'école historique, la presque totalité des savants partage cette opinion. Partir d'un fait non encore démontré comme fondement d'une science, répugne aux esprits rigoureux. Au lieu de la créer de toute pièce, il paraît plus logique de l'étudier par une sévère analyse et de réserver à la synthèse le couronnement de la science. Ainsi, connaître les faits est le point de départ de la philosophie; mais que serait cette notion sans celle des lois, des causes et de la raison finale?

Quels seront les moyens de cette observation? Ici viennent se placer deux systèmes d'une importance telle, que, dans l'adoption de l'un ou de l'autre, se trouve presque formulée une opinion sur la nature intime de l'homme et sur les plus graves questions qu'on puisse agiter: nous voulons parler des deux systèmes de l'expérience et de la raison, qui divisent naturellement les philosophes en *empiriques* et en *rationalistes*. Dans l'antiquité, Thalès est regardé comme le fondateur de l'empirisme, et Pythagore du rationalisme. Sans adopter exclusivement l'un ou l'autre système, Aristote penche vers celui de l'expérience; Platon, vers celui de la raison. Cependant on lit dans Aristote: « Les vérités rationnelles, bases du raisonnement, les vérités premières, les principes ne se prouvent pas; ils entraînent im-

(1) *Ouv. cit.*
(2) *An Essay concerning human understanding*; trad. en franç. par Coste. 5e édit., 1755.
(3) *Facultés de l'âme humaine*. Dans *Mélanges philos.* Paris, 1833.
(4) DAMIRON, *Essai sur l'histoire de la philosophie en France au XIXe siècle*, p. 385.

médiatement notre assentiment, notre foi ; il ne faut pas chercher leurs fondements, ils reposent sur eux-mêmes. » Chez les modernes, Descartes (1) et son école, et, en général, tous les spiritualistes, professent le rationalisme. Bacon (2) doit être regardé comme le fondateur de la philosophie expérimentale qu'il appliqua à toutes les sciences. Cependant, quoiqu'il fasse un humble rôle à la conscience, il a proclamé que l'expérience et la raison étaient les deux fondements solides de toute science : « On peut tout espérer, disait-il, de leur étroite alliance, qui n'a pas été encore assez formée, et leur désolant divorce a jusqu'ici tout troublé. » Bacon a été, sans le savoir, le fondateur de l'école sensualiste adoptée et soutenue, à des points de vue divers, par Gassendi (3), Hobbes (4), Malmesbury, par Locke (5), le plus sage et le plus raisonnable d'entre eux. Locke, en effet, a distingué deux sortes d'expérience : la sensation, qui a pour objet le monde extérieur, et la réflexion, qui a pour objet les opérations de l'âme ; celles-ci sont la perception des sensations, la rétention, le discernement, la comparaison, l'abstraction et la généralisation. « Ainsi, dit Jules Simon (6), tout se borne à obtenir directement des idées expérimentales et à les combiner ensuite de diverses façons... Avec ces prémisses, Locke devait aboutir au nominalisme, au matérialisme. Il n'a pas été jusque là. Il s'est abstenu de prononcer ; il a fait un appel à la révélation. Ses disciples ont répondu pour lui ; ils sont allés jusqu'au bout de ses principes. »

L'école de Locke compte Condillac, Ch. Bonnet, s'Gravesande, d'Alembert, Condorcet, Helvétius, La Mettrie, Priestley, Cabanis, Volney, Garat, et plus ou moins tous les matérialistes modernes.

D'après ces courtes citations, on voit toute l'influence, sur nos opinions et nos doctrines, des moyens dont on se sert dans de pareilles études. Ces formules préconçues sont toujours dangereuses : l'horizon de nos connaissances est si borné, pourquoi nous emprisonner dans des limites tracées d'avance? Tout en donnant une grande valeur aux données de l'expérience, n'est-il pas plus rationnel d'interroger aussi la conscience, et de fouiller le domaine de la nature avec toutes les forces de l'esprit, en admettant le sens commun au nombre des guides qui peuvent sûrement nous diriger à travers le labyrinthe de la psychologie?

Des facultés de l'âme.

« Notre âme n'a qu'une forme très simple, très générale, très constante ; cette forme est la pensée. » (Buffon.) Pour l'école sensualiste, toutes les facultés se réduisent à un seul terme, *sentir*, et toutes les opérations de l'âme ne sont, d'après Condillac (7), que la sensation transformée diversement. Ce philosophe partage l'intelligence en *entendement et en volonté ;* la plupart des auteurs admettent un troisième mode, la *sensibilité*. Dans leur opinion, toutes les transformations de la pensée, toutes les affections, tous les sentiments, toutes les passions, toutes les forces de l'âme agissante et libre, appartiennent ou à la sensibilité, ou à l'intelligence, ou à la volonté.

(1) Voy. ses *Méditations* et ses *Principes de philosophie*, dans *Œuvres complètes*.
(2) *Novum Organon or new Method of employing the reasoning faculties in the pursuits of truth*. Londres, 1620.
(3) *Syntagma philosophicum*. 1658.
(4) *De naturâ humanâ*. Londres, 1650.
(5) *Ouv. cit.*
(6) *Manuel de philosophie*, p. 632.
(7) *Traité des sensations*. Paris, 1754.

Nous ne ferons qu'une seule remarque sur cette classification aujourd'hui universellement admise. L'un des trois phénomènes actifs de l'âme, la sensibilité, ne nous semble ni bien compris ni bien défini. La sensibilité, dit-on, est la capacité d'éprouver toute espèce de sensations et de sentiments. La peine et le plaisir sont, avec leurs variables degrés, le fond de cette faculté : on en fait dériver l'amour, le désir, l'espérance, le regret, l'aversion, la terreur, ainsi que les sentiments, instincts, appétits, penchants, inclinations, etc.

Pour le physiologiste, la sensibilité est la faculté de sentir ; elle comprend les impressions venues par les sens et par une grande classe de nerfs que nous avons reconnus exclusivement sensibles. La sensibilité, source de la douleur et du plaisir, est exclusivement l'attribut des faisceaux postérieurs de la moelle et des nerfs qui en partent, ainsi que d'une partie de la moelle allongée et des tubercules quadrijumeaux. Il serait aussi peu rationnel et philosophique d'attribuer les instincts et les passions à la sensibilité, que de faire provenir la liberté humaine de la sensation.

Ces phénomènes sont entièrement indépendants les uns des autres, et n'ont entre eux ni connexion ni rapport. Cependant, il est indispensable de former une classe ou un genre distinct des appétits, penchants, instincts, sentiments ou passions, qui ne dépendent ni de l'entendement ni de la volonté. Pour remonter à leur origine et déterminer leur nature, ce n'est pas trop de la science du moraliste, du métaphysicien et du physiologiste. Nous nous bornerons à une simple indication.

Les appétits sont des impulsions ou des sensations intérieures qui révèlent un besoin de l'organisation. Nous éprouvons, selon Descartes (1), des modifications qui ne se rapportent ni à l'âme ni au corps, mais qui résultent de l'union de l'âme et du corps, telles que l'appétit, la faim, la soif, etc. Nous croyons l'âme complétement étrangère à ces modifications de nature purement organique. Elles ne nous apprennent rien, elles ne sont la source d'aucune idée. On peut les regarder comme des sentinelles qui veillent à la conservation du corps, et on les trouve, chez les animaux les plus inférieurs, aussi vivaces que chez l'homme.

Les sentiments *paraissent* dépendre des facultés de l'âme, comme les appétits, les besoins dépendent des fonctions du corps. Ce sont des modes abstraits ou des combinaisons de ces facultés que l'on confond souvent avec les passions. Les Grecs nommaient παθος, c'est-à-dire maladie, tout mouvement qui trouble. Cicéron (2) appelait les passions du nom de *ægritudines*, *perturbationes*, *libidines*, *affectiones*. Chez les anciens, les passions étaient aussi difficiles à bien définir que dans les langues modernes, ce qu'on peut induire de la multiplicité des termes propres à les désigner. On confond généralement les passions et les affections de l'âme : cependant le premier nom est plus particulièrement réservé aux passions actives, la colère, la haine, l'ambition, etc. ; le second aux passives, telles que la tristesse, la crainte, etc.

La classification et le nombre des passions varient selon les philosophes qui s'en sont occupés. Les stoïciens en admettaient de quatre sortes, celles qui proviennent du désir et de la joie, de la tristesse et de la crainte. Pour les épicuriens, il n'y avait que trois passions principales, la joie, la douleur et le désir, tandis qu'Aristote en admettait huit. Dans son *Traité des passions*, Descartes reconnaît qu'il y en a six, simples et primitives, dont toutes les autres tirent leur origine, savoir : l'admiration, l'amour, la haine, le désir, la joie et la tristesse. Certains philosophes

(1) *Œuvr. philos.*, méd. VI.
(2) *Quæstiones tusculanæ*, liv. III et IV.

ont fondé leur classification sur les deux appétits supposés de l'âme sensitive, l'un concupiscible et l'autre irascible. Les partisans des deux principes qui semblent se partager l'empire du monde, le bien et le mal, font dériver toutes les passions de l'amour et de la haine, de la sympathie et de l'antipathie. Le physiologiste a dû naturellement les envisager d'après leur influence sur les fonctions organiques : ainsi, les unes épanouissent, exaltent les forces vitales, les autres les concentrent et les oppriment. Dans la première catégorie viennent se ranger l'admiration, la joie, le courage, l'amour, la colère ; dans la seconde, le chagrin, la haine, la peur. Les unes sont dites chaudes ; les autres, froides. Celles-ci sont le propre des vieillards, celles-là le brillant apanage de la jeunesse.

Suivant les stoïciens, toute passion est une maladie, toutes sont vicieuses : ils les définissaient un trouble d'esprit contre nature et le détournement de sa voie ; ils appelaient la colère une fureur passagère, *furor brevis*. Le plus haut degré de sagesse était de savoir les dompter ; le comble de la félicité résidait dans la sérénité d'esprit, ou l'indifférence. Supporter et s'abstenir, renfermaient presque toute leur morale. Combien est plus sage et plus vraie l'opinion de Descartes ! D'après ce philosophe, toutes les passions sont bonnes de leur nature, et nous n'avons rien à éviter que leur mauvais usage et leurs excès. L'âme peut avoir ses plaisirs à part ; mais, pour ceux qui lui sont communs avec le corps, ils dépendent entièrement des passions, en sorte que les hommes qu'elles peuvent le plus émouvoir sont capables de goûter le plus de bonheur en cette vie (1). Diderot comparait les hommes sans passions à des instruments sans cordes.

Gall et les phrénologistes considèrent le cerveau comme le siége des passions ; c'était aussi l'opinion de Descartes. Mais la plupart des philosophes qui les faisaient provenir de l'âme déraisonnable, à l'exemple de Pythagore, Platon, Galien, les plaçaient dans l'organe où ils supposaient que cette âme devait résider. Plusieurs d'entre eux la logeaient au centre phrénique, où Van Helmont plaçait son *archée*, Buffon et Lacaze le *foyer de la vie* (2).

On ne s'est pas borné à dire qu'en général les passions ont leur siége dans les principaux viscères, ou dans les ganglions du nerf grand sympathique, on a assigné à chaque organe une passion déterminée. Richerand place dans les entrailles le sentiment de la maternité ; les grandes pensées viennent du cœur, selon Vauvenargues ; d'autres y logent le courage. D'après Quintilien, *pectus est quod nos disertos facit*. Suivant certains auteurs, *splene rident*, *felle irascunt*, *jecore amant*, *pulmone jactantur*, *corde sapiunt*. Jeux futiles de l'imagination, ces vaines théories ne soutiendraient pas un examen sérieux. En retrouvant, chez les animaux, plusieurs des passions dont l'homme nous offre l'exemple, en les voyant transportés de courage, animés par la fureur, les uns frappés de terreur et de mouvements antipathiques insurmontables, les autres attirés par un attachement qui ne finit qu'avec la vie, et victimes parfois de la tristesse que leur laisse une amitié brisée, on se demande de quel principe dérivent les passions ? Prennent-elles naissance dans l'âme, ou dans les organes ? Sont-elles un produit mixte de cette double origine ? Questions obscures sur lesquelles la philosophie et l'histoire naturelle n'ont pas encore prononcé.

(1) DESCARTES, *les Passions de l'âme*, chap. CCXII.

(2) *Idque situm mediâ regione in pectoris hæret :*
Hic exultat enim pavor, ac metus, hæc loca circum
Lætitiæ mulcent. LUCRÈCE, *De natur. rer.*

De l'entendement.

L'âme, en tant qu'elle pense et qu'elle forme des idées, prend le nom d'*entendement* ou d'*intelligence*. La première et la plus simple de ses opérations est la *perception*. Mais déjà ce phénomène en suppose un premier, qui lui-même est composé : on donne le nom d'*impression* à l'action d'un agent extérieur sur un organe ; transmise au cerveau et ressentie par lui, cette impression devient sensation et perception. La sensation perçue par l'âme prend le nom d'*idée;* quelques philosophes définissent les idées des sensations comparées ou des associations de sensations. Il paraît indubitable qu'avant d'être perçue, l'impression est sentie par le cerveau, agent intermédiaire de l'âme et du monde extérieur. N'est-il pas évident que nous ne connaissons les qualités des corps que par les sens et l'expérience? C'est en ce sens, mais en ce sens seulement, qu'on doit admettre l'axiome des sensualistes : *Nihil est in intellectu quod non priùs fuerit in sensu.* La vue, le tact et l'ouïe sont les trois sources abondantes de nos sensations et de nos idées ; le goût et l'odorat apprennent peu à l'intelligence.

Plusieurs philosophes réduisent toutes les opérations de l'esprit à trois termes : percevoir, juger, raisonner. A leurs yeux, la perception est l'idée sans affirmation ; juger, c'est apercevoir le rapport de deux idées ; raisonner, c'est former une suite de jugements et de rapports. Mais la nature est à la fois plus simple et plus compliquée : quoique les opérations intellectuelles soient d'une infinie variété, la gradation des phénomènes supposée par les psychologistes n'existe pas, et les actes de l'intelligence sont rapides, simultanés et en quelque sorte indivisibles.

Lorsque la sensation arrive à l'organe cérébral, l'âme la perçoit par une force active, l'*attention*. Sans cette dernière, les idées seraient comme les images fantastiques qui disparaissent d'un miroir aussitôt que s'éloigne le corps qui y était représenté. L'attention fixe l'image du corps senti dans le cerveau, et l'idée perçue dans l'âme. Dès lors, commence la *mémoire*, cette faculté admirable et mystérieuse qui réfléchit et conserve les accidents, les formes et les modifications de la pensée, de l'espace et du temps ; en l'absence des sens et loin de l'impression des agents extérieurs, elle se représente cette succession d'idées, d'images et d'événements déjà envolés, déjà tombés dans le néant ; elle les ressuscite spirituellement, et tels que le cerveau les sentit et que la conscience les perçut ou les forma.

Pourquoi la mémoire occupe-t-elle une aussi petite place dans les ouvrages de psychologie? Est-ce désespoir d'en expliquer le mécanisme et l'essence? Il y a deux mille ans, Aristote consacra à l'étude de cette faculté un petit traité rempli de vues profondes et ingénieuses, et qui est encore aujourd'hui l'ouvrage le plus complet sur cette matière. Descartes, Locke, Malebranche, Condillac, Spinosa, Reid, Dugald-Stewart, ont à peine fixé leur attention sur la mémoire, ou bien ont emprunté au philosophe grec la plupart de ses opinions.

Aristote (1) se pose d'abord ces questions : Qu'est-ce que la mémoire? Qu'est-ce que le souvenir? Quelle est la cause de ces phénomènes? A quelle partie de l'âme se rapportent cette faculté et l'acte qui constitue le souvenir, la réminiscence?

« On ne peut se rappeler l'avenir, dit Aristote ; l'avenir ne peut être l'objet que de nos conjectures et de nos espérances. La mémoire ne s'applique pas davantage au présent, c'est l'objet de la sensation ; elle ne concerne que le passé, et s'accom-

(1) *Psychologie d'Aristote*, trad. de Barthélemy Saint-Hilaire.

pagne toujours de la notion du temps. Parmi les animaux, ceux qui ont la perception du temps ont seuls de la mémoire. » Nous préférons cette explication à la définition, si contradictoire dans les termes, que le chef de l'écocisme en a donnée, en appelant la mémoire *la connaissance immédiate du passé*. Il est certain que la notion du temps se mêle souvent aux phénomènes de la mémoire, mais elle n'en est pas inséparable : la notion du temps est très confuse chez les enfants ; nous croyons que les animaux en sont complétement privés. Quoi qu'en dise Aristote, les enfants sont doués d'une grande mémoire, et nous en donnerons pour preuve la faculté qu'ils ont de retenir plusieurs milliers de mots dans trois ou quatre langues différentes.

Selon ce philosophe, la mémoire appartient à la partie de l'âme de laquelle relève encore l'imagination. L'impression qui se produit, par suite de la sensation, dans l'âme et dans cette partie du corps qui produit la sensation, est analogue à une espèce de peinture ; la perception de cette sensation constitue précisément ce qu'on appelle la mémoire. Le mouvement qui se passe alors empreint dans l'esprit comme une sorte de type de la sensation, analogue au cachet qu'on imprime sur la cire avec un anneau. Les enfants et les personnes trop vives ont peu de mémoire, parce qu'ils sont dans un grand mouvement, comme si le cachet était appliqué sur une eau courante. Chez les vieillards et les gens trop lents, la dureté même de la partie qui reçoit l'impression empêche que l'image n'y laisse la moindre trace.

Est-ce de l'impression de l'esprit qu'on se souvient ou de l'objet même qui l'a produite? Un animal peint sur un tableau, dit Aristote, est à la fois un animal et une copie ; tout en étant un et le même, il est pourtant ces deux choses à la fois. L'être de l'animal et celui de l'image ne sont pourtant pas identiques, et l'on peut se représenter cette peinture soit comme animal, soit comme copie de l'animal. La notion que l'âme contemple est quelque chose par elle-même, bien qu'elle soit aussi l'image d'une autre chose. Tant qu'on la considère en elle-même, c'est une représentation de l'esprit, une image ; en tant qu'elle est relative à un autre objet, c'est comme une copie et un souvenir.

Après ces explications un peu confuses, Aristote s'attache à distinguer la mémoire de la réminiscence. Il n'attache pas à ce mot la même signification que Platon. Celui-ci disait que savoir, c'est se ressouvenir ; pour celui-là, la réminiscence est l'effort de l'esprit pour réunir les fragments d'un souvenir incomplet. Il y a des choses qu'on peut apprendre deux fois ; mais la réminiscence n'est pas le second apprentissage. Se souvenir par réminiscence, c'est posséder dans son esprit la faculté motrice assez forte pour tirer de soi-même et des mouvements que l'on a en soi le mouvement même qu'on cherche. Beaucoup d'animaux, suivant Aristote, ont de la mémoire, tandis que, parmi tous les animaux connus, la réminiscence n'appartient qu'à l'homme ; la cause de ce privilége, c'est que la réminiscence est une sorte de raisonnement. L'une est une faculté qui dépend en partie du corps, l'autre est une sorte de recherche que fait l'esprit dans l'image que le corps lui a transmise.

Pour trouver quelques notions nouvelles sur la mémoire, il faut arriver à Descartes. Comme Aristote, il pense que cette faculté provient de vestiges que laissent en nous les impressions des sens ou les modifications de la pensée : « Je crois, dit Descartes, que la mémoire des choses matérielles dépend des vestiges qui demeurent dans le cerveau, après que quelque image y a été imprimée ; et que celle des choses intellectuelles dépend de quelques autres vestiges qui demeurent en la pensée

même. Mais ceux-ci sont d'un tout autre genre que ceux-là, et je ne les saurais expliquer par aucun exemple des choses corporelles qui n'en soit fort différent ; au lieu que les vestiges du cerveau le rendent propre à mouvoir l'âme en la même façon qu'il l'avait mise auparavant, et ainsi à la faire souvenir de quelque chose, tout de même que les plis qui sont dans un morceau de papier ou dans un linge font qu'il est plus propre à être plié derechef, comme il était auparavant, que s'il n'avait jamais été ainsi plié. »

Malebranche s'est à peine occupé de la mémoire ; Spinosa la réduit à l'association des idées, qui résulte nécessairement des idées reçues par les sens. Locke n'en parle qu'en termes vagues, et néglige d'approfondir le côté important de la question pour s'occuper de détails secondaires. Il fait du reste une large part aux influences organiques, et prétend que cette faculté est la même chez l'homme et dans les animaux. Telle est l'opinion de tous les philosophes de cette école. Les objets, suivant Ch. Bonnet (1), font sur les fibres cérébrales des impressions durables ; la mémoire est le rappel de ces impressions. On appelait *fibres vierges* celles qui n'ont encore reçu aucune impression ; le fluide nerveux jouait un grand rôle dans ces théories.

De toutes les conjectures émises sur les idées et sur la mémoire, une des moins vraisemblables est celle de l'auteur de l'*Essai de psychologie* (2). Il suppose que les idées produisent dans le cerveau un mouvement qui se conserve par les seules forces de la mécanique, comme ceux de la circulation et de la respiration. « Les fibres du cerveau, dit-il, ne seraient-elles pas des ressorts si parfaits, des machines d'une correction si admirable, qu'elles ne laissent perdre aucun des mouvements qui leur ont été imprimés ? »

On ne saurait trop étudier la mémoire, si l'on réfléchit qu'elle est une des plus importantes facultés de l'entendement, et qu'en approfondissant les phénomènes qu'elle présente, on peut espérer jeter un nouveau jour sur les questions encore obscures de la psychologie. Nous nous abstiendrons de parler de l'imagination, qui joue un si grand rôle dans les œuvres des poëtes et des artistes ; du jugement, qui consiste à mettre en rapport deux idées, à les comparer, à prononcer leur ressemblance ou leur exclusion ; du raisonnement, opération plus compliquée encore, qui juge des rapports plus éloignés ; de l'induction, qui, à l'aide de l'analogie, de la vraisemblance ou de l'identité, étend les résultats de l'expérience, et s'élève de notions connues à des notions en dehors de l'étendue et du temps : c'est aux traités spéciaux que reviennent de telles questions. Nous aurons occasion de parler plus loin de la *raison* et de la *conscience*. Maintenant, nous présenterons quelques remarques sur l'une des facultés ou des forces de l'*âme*, sur la *volonté*.

De la volonté.

« Les impressions reçues par les sens ne sont pas toujours soumises à la volonté : des images variées se présentent à la vue et se gravent dans la mémoire ; le bruit de la tempête ou des sons harmonieux perçus par l'ouïe frappent l'imagination ; le contact d'un air glacé fait frissonner ; des parfums suaves répandus dans l'atmosphère ébranlent les nerfs ; souvent, dans le repos de l'esprit, et même quand la raison veut im-

(1) *Essai analytique sur les facultés de l'âme*, chap. VII et VIII.
(2) Londres, 1755.

poser son empire, le cri des passions se fait entendre, le cœur est agité de mouvements tumultueux, une image de tristesse voile la sérénité de l'âme : ces perceptions, ces idées, ces sentiments, pénètrent en nous contre notre gré, et ne laissent pas à la conscience la liberté de les ressentir ou de ne les point ressentir. Mais, lorsque je veux mouvoir le bras, aller d'un lieu dans un autre, lorsque j'écoute ou que je regarde, en dépit de tout empêchement, je sais que je fais un acte qui n'est pas du domaine de l'intelligence : celle-ci est, jusqu'à un certain point, dépendante et tributaire, tandis que l'acte de la volonté est un acte de maître ; cette volonté est le plus intime caractère du moi et de la personnalité humaine. Je cherche dans ce phénomène quel est le rôle de la sensation ou des agents extérieurs, et je n'en trouve aucun. Lorsque, dans la *Médée* de Corneille, une confidente, la voyant au comble du malheur, lui dit : « Que vous reste-t-il ? » et que Médée répond : « *Moi !* » Lorsque Auguste, réprimant la passion de la vengeance, s'écrie : « *Je suis maître de moi comme de l'univers ;* » ces nobles paroles, ces grands sentiments, excitent dans toutes les âmes le plus vif enthousiasme, parce que nous y trouvons la preuve admirablement rendue de notre grandeur et de notre liberté (1). »

D'autres caractères essentiels distinguent la volonté de l'intelligence : celle-ci est multiple et se subdivise en un grand nombre de facultés distinctes, mémoire, imagination, raisonnement, etc. ; celle-là est une et indivisible. Dans le repos, dans l'action, dans la mollesse, dans la vigueur, on sent les motifs qui se croisent, qui s'entrechoquent ; mais le moi qui décide, le moi qui commande, le moi qui exécute, n'a ni degrés, ni morcellement, et, jusque dans les obstacles qu'il rencontre, qu'il ne peut surmonter, il est identique et souverain. On ne peut disconvenir que la volonté ne jouisse d'une énergie diverse selon la force des motifs, l'objet du désir qui pousse, de la passion qui conseille ; mais elle n'en reste pas moins entière. « Sa nature est telle, qu'on ne lui saurait rien ôter sans la détruire. » (Descartes.)

L'observation nous révèle que la nature prévoyante a soustrait à l'influence de la volonté les organes et les actes indispensables à l'entretien de la vie : cette indépendance était nécessaire à l'accomplissement des fins du Créateur, qui a protégé encore son œuvre en donnant à l'homme l'instinct de la conservation, l'horreur de la mort et la crainte de la douleur. D'autres organes ont été rendus tributaires de son empire et en quelque sorte ses ministres : « Le pouvoir de la volonté sur les organes dont elle dispose est un fait ; le constater est tout ce que la philosophie peut et doit faire, le nier est absurde, l'expliquer est impossible... Les faits primitifs sont de leur nature inexplicables ; ils sont la borne de notre curiosité (2). »

Le plus important des faits qui se rattachent à l'étude de cette faculté, c'est le *libre arbitre*. Volonté et liberté sont inséparables, facultés nobles qui nous distinguent de toutes les créatures connues, fondements éternels des lois de la morale et de la justice. Leibnitz (3) ne connaissait pas la vraie nature du libre arbitre, lorsqu'il a dit : « Donnez à une aiguille aimantée la conscience de ses mouvements, elle pourra croire qu'ils dépendent d'elle-même, ne sentant pas les attrac-

(1) FOISSAC, *Histoire naturelle et philosophique de l'homme.* (Ouv. inéd.)

Nota. Dans la rédaction du présent chapitre sur les facultés intellectuelles, nous avons beaucoup emprunté à cet ouvrage que notre savant ami a bien voulu nous communiquer avant toute publication. Plus loin, le lecteur trouvera quelques autres passages que nous avons cru devoir reproduire textuellement comme étant aussi remarquables par l'élégance du style que par l'élévation de la pensée.

(2) AMÉDÉE JACQUES, *ouv. cit.*

(3) *Nouveaux Essais sur l'entendement humain*, dans *Œuvres philos.*

tions insensibles de l'aimant terrestre, comme il arrive que les hommes ne sentent pas les influences de leurs perceptions confuses ou appétitions. » Mais à quoi bon examiner longuement et s'attacher à réfuter des sophismes au sujet du libre arbitre? Nous croyons à la liberté humaine, parce que la conscience nous l'atteste, nous ne demandons pas d'autre certitude; s'il s'agissait de la prouver à un sceptique, nous le ferions à la façon de Diogène, qui prouvait le mouvement en marchant.

Des facultés des animaux. — De l'instinct.

Si la psychologie humaine a trouvé des historiens, il n'en a pas manqué à la psychologie des animaux: tels sont Aristote dans l'antiquité, Darwin, Réaumur, Condillac, Dupont de Nemours, G. Leroy, etc., chez les modernes. Les animaux, et surtout les animaux domestiques, ont à peu près les mêmes maladies que nous. Toutefois il faut en excepter l'aliénation mentale, contrairement à l'opinion de Pierquin (1), qui regarde le rut comme une aliénation épidémique, la rage comme une folie, et croit qu'on tue comme enragés quelques animaux atteints simplement de lypémanie. Comment admettre l'opinion de ce médecin, d'après laquelle les songes seraient de véritables aliénations, et la folie le rêve d'un homme éveillé, ces maladies ne différant que par l'époque de leur apparition? Il est hors de doute que les animaux éprouvent des sympathies, et surtout des antipathies, même à un degré plus prononcé que l'homme: on ne doit pas en conclure la ressemblance de leurs facultés et du principe qui les anime, les impulsions sympathiques pouvant être considérées comme un produit de l'instinct.

Il y a trois opinions principales sur les bêtes: les cartésiens ne voient en elles que des automates; les scolastiques disent qu'elles sentent et ne pensent pas; d'autres, enfin, tels que Condillac, Réaumur, Dupont de Nemours, G. Leroy, prétendent qu'elles sentent et pensent.

Descartes avait refusé non seulement la pensée, mais même la sensibilité aux animaux, ne pouvant la concilier avec la matérialité. Buffon, à son exemple, n'attribua aux bêtes qu'un automatisme perfectionné: « La matière, dit-il (2), n'a ni sentiment, ni sensation, ni conscience d'existence; et lui attribuer quelques unes de ces facultés, ce serait lui donner celle de penser, d'agir, de sentir à peu près dans le même ordre et de la même façon que nous pensons, agissons et sentons. » Cependant Buffon admet une sorte de mémoire, qui consiste dans le renouvellement des sensations ou des ébranlements qui les ont causées: cette mémoire est celle de l'homme endormi. Les rêves, selon cet auteur, sont indépendants de l'âme, et résident en entier dans le sens intérieur matériel. « D'où peut provenir, ajoute-t-il, cette uniformité dans les ouvrages des animaux? Y a-t-il de plus forte preuve que leurs opérations ne sont que des résultats purement mécaniques et matériels? car s'ils avaient la moindre étincelle de la lumière qui nous éclaire, on trouverait au moins de la variété dans leurs ouvrages... Mais non, tous travaillent sur le même modèle; l'ordre de leurs actions est tracé dans l'espèce entière: il n'appartient pas à l'individu, et si l'on voulait attribuer une âme aux animaux, on serait obligé à n'en faire qu'une pour chaque espèce, à laquelle chaque individu participerait également. »

Mais des esprits aussi éminents que Descartes et Buffon ne pouvaient soutenir,

(1) *Journal de physiologie expérimentale*, t. X, p. 296.
(2) BUFFON, *Histoire naturelle: De la nature des animaux*, t. XXV. Paris, 1830.

sans restriction aucune, le pur automatisme des bêtes en présence de tant de faits qui démontrent le contraire. Aussi, trouvons-nous le passage suivant dans une lettre de Descartes : « Il faut pourtant remarquer que je ne parle que de la pensée, non de la vie ou du sentiment ; car je n'ôte la vie à aucun animal, je ne leur refuse pas même le sentiment, autant qu'il dépend des organes du corps. » Dans son discours *sur la nature des animaux*, Buffon s'exprime ainsi : « Si je me suis bien expliqué, on doit avoir vu que, loin de tout ôter aux animaux, je leur accorde tout, à l'exception de la pensée et de la réflexion : ils ont le sentiment, ils l'ont même à un plus haut degré que nous ne l'avons ; ils ont aussi la conscience de leur existence actuelle, mais ils n'ont pas celle de leur existence passée. Ils ont des sensations, mais il leur manque la faculté de les comparer, c'est-à-dire la puissance qui produit des idées. »

Condillac (1) s'est montré l'adversaire passionné de l'opinion de Descartes et de Buffon au sujet de l'automatisme des bêtes. Dieu sans doute aurait pu les réduire au pur mécanisme, mais la question est de savoir s'il l'a fait. « Les corps célestes, dit-il, ne choisissent pas leur route, ils obéissent à une impulsion. Les plantes restent attachées au sol ; elles ne choisissent pas, elles végètent. Les bêtes veillent elles-mêmes à leur conservation ; elles se meuvent à leur gré, elles saisissent ce qui leur est propre, rejettent, évitent ce qui leur est contraire ; les mêmes sens qui règlent nos actions paraissent régler les leurs. Sur quels fondements pourrait-on supposer que leurs yeux ne voient pas, que leurs oreilles n'entendent pas, qu'elles ne sentent pas, en un mot?... Il y a donc dans les bêtes autre chose que du mouvement ; ce ne sont pas de purs automates, elles sentent... et elles sentent comme nous. »

Condillac ne s'est pas arrêté là. Suivant lui, les bêtes comparent, jugent, éprouvent des sentiments agréables et désagréables, rapportant à leur corps les impressions reçues ; elles étudient, quoique sans avoir le dessein d'étudier. Il trace un tableau de fantaisie de leur système de connaissances : tout y dépend du même principe, le besoin ; tout s'y exécute par le même moyen, *la liaison des idées*. Il ne leur refuse ni l'imagination, ni l'invention, et il attribue leurs découvertes à l'expérience de chacun. Certains animaux vivent en société ; ils ont un langage, mais leur société manque du ressort qui donne tant de mouvement à la nôtre : la parole. En quoi donc les bêtes diffèrent-elles de l'homme ? Condillac répond que, dans l'impuissance où nous sommes de connaître la nature des êtres et de marquer à chacun ses limites, « nous ne verrons jamais entre eux que du plus au moins. »

Quoique Réaumur et G. Leroy aient apporté une rare sagacité dans l'observation des mœurs des animaux, ils se rapprochent de Condillac par la nature et l'étendue des facultés qu'ils leur accordent. Ces trois auteurs confondent presque toujours l'instinct et l'intelligence. Il ne faut pas se contenter, d'après Condillac, de regarder l'instinct comme un principe qui dirige l'animal d'une manière tout à fait cachée ; *l'instinct n'est qu'une habitude privée de réflexion*. Du reste, la plupart des savants ont commis la même confusion jusqu'à Frédéric Cuvier (2). Ce naturaliste, ayant remis la question à l'étude, l'a traitée avec une netteté et une précision qu'on ne trouve dans aucun de ses prédécesseurs. Il établit que les facultés

(1) *Traité des animaux*. Paris, 1755.

(2) Art. INSTINCT, dans *Dict. des sc. nat.* — *Sur l'instinct et l'intelligence des animaux* : Rés. analyt. par Flourens, dans *Annales des sc. nat.*, t. XII, p. 235, 2e série.

des animaux s'exercent ou conditionnellement, c'est-à-dire en se conformant aux circonstances dans lesquelles les espèces se trouvent placées : ce sont, dit-il, les *facultés cognitives ;* ou bien qu'elles s'exercent impérativement et sous une condition indépendante de la volonté des êtres qui leur obéissent : ce sont les *facultés instinctives*, ou les instincts. L'instinct, pour Frédéric Cuvier, est une force positive et propre comme la sensibilité, comme l'irritabilité, comme l'intelligence ; on ne fera aucun progrès dans la connaissance des animaux, tant qu'on n'aura pas fixé les bornes de leurs qualités originelles, et posé nettement la distinction de l'instinct et de l'intelligence. Tout dans l'instinct est aveugle, nécessaire et invariable ; tout dans l'intelligence est électif, contingent et modifiable. L'enfant tette en venant au monde, sans l'avoir appris, par une force aveugle. C'est par instinct que le chien enfouit dans la terre les restes de son repas, que le castor bâtit une hutte, que le lapin se creuse un terrier, que l'oiseau se construit un nid, etc. Toutes ces actions sont aveugles, nécessaires, et dans ce qu'elles ont d'essentiel, elles sont toutes invariables. Un autre caractère de l'instinct, c'est de croître à mesure que l'intelligence décroît d'une classe à l'autre. Frédéric Cuvier est loin d'admettre, avec Condillac, que l'instinct naisse de l'habitude : celle-ci consiste en ce que l'acte corporel, par lequel s'opère une action, finit par se reproduire sans le concours de l'acte intellectuel qui primitivement était nécessaire ; or, c'est le contraire de l'instinct.

Aristote et Buffon avaient reconnu que les animaux sont privés de réflexion ou de cette faculté de considérer intellectuellement, par un retour sur eux-mêmes, leurs propres modifications. Suivant Frédéric Cuvier, ils ignorent même qu'ils reçoivent l'impression des corps extérieurs, qu'ils pensent, qu'ils agissent. La réflexion est donc un caractère qui distingue l'homme des animaux. Un second caractère non moins tranché, c'est la *liberté* dans le vrai sens de ce mot. Frédéric Cuvier croit pourtant reconnaître en eux un certain degré de liberté et de réflexion. On voit, il est vrai, des animaux incertains sur leurs actes, se décider ensuite avec hésitation ; mais là n'est pas le libre arbitre : il consiste dans la faculté de faire ou de ne pas faire, quels que soient les motifs et les passions qui nous poussent. Les animaux, contrairement à l'homme, ne se décident que par des motifs qui leur commandent impérieusement et leur ravissent toute liberté morale.

Il est évident que les animaux d'un ordre supérieur jouissent comme l'homme de la sensibilité physique, ou de la faculté de ressentir le plaisir et la douleur. Ils reçoivent par les sens des impressions sans doute semblables aux nôtres, dont ils forment quelques associations ; mais il paraît difficile d'admettre, avec Frédéric Cuvier, qu'ils en déduisent des jugements. On ne saurait leur refuser la mémoire, mais leur mémoire est bornée aux choses contingentes ; on pourrait l'appeler mémoire matérielle, toute autre leur est refusée. Condillac, Réaumur, G. Leroy, Dupont de Nemours prétendent que les bêtes réfléchissent sur leurs actes, et qu'elles ont une sorte de liberté. Il est vrai que les instincts sont, en général, plus développés, plus actifs, plus sûrs dans certains animaux que chez l'homme ; quelques uns mêmes, celui des migrations par exemple, leur sont exclusivement propres. Ils partagent avec l'homme certaines passions, la colère, la jalousie, l'attachement. Mais ils sont complétement étrangers aux sentiments qui puisent leur source dans la conscience, et à tous les mouvements qui se fondent sur la liberté morale. En traitant de l'origine des idées, nous parlerons de celles que les philosophes nomment *nécessaires :* aucune de ces idées, véritables créations de la con-

science, de la raison, de l'âme, n'est le partage des animaux, et, sous ce rapport, l'homme diffère plus encore de la brute que son noble visage ne diffère du masque hideux de l'orang-outang. Plus loin, nous hasarderons avec Foissac (1) quelques conjectures sur le principe de leurs facultés.

De l'origine des idées. — De la raison. — De la conscience.

Les philosophes du dernier siècle ont fait de l'origine et de la formation des idées leur champ de bataille et le nœud gordien de la psychologie. D'où viennent les idées, de combien de sources différentes dérivent-elles et par quels procédés les formons-nous? C'est principalement sur cette question que deux systèmes essentiellement distincts partagent les philosophes: l'empirisme d'une part, et le rationalisme de l'autre. Les sensualistes supposent que le cerveau de l'homme est une table rase, *tabula rasa* d'Aristote, un bloc de marbre où la nature n'a gravé aucun signe, aucune empreinte. Le résumé de cette doctrine est l'axiome de l'école attribué à Aristote: *Nihil est in intellectu quod non prius fuerit in sensu.* D'après eux, toutes les idées nous viennent de l'expérience et par les sens. Quant aux idées abstraites et aux notions générales, l'esprit les compose des matériaux préexistants, mais provenant de la même source. Il n'a point la capacité de les produire spontanément: il a celle de les recevoir, de les combiner, et d'en former des jugements, des raisonnements. L'esprit ne trouve rien en lui, son rôle se borne à élaborer les impressions venues du dehors. Locke en Angleterre, Condillac en France, sont les deux représentants de cette doctrine qui compte un grand nombre de partisans. Ils ne font grâce ni aux mathématiques, ni aux lois morales, ni à la notion d'une cause première, de l'Être suprême; pour eux, tout relève de l'expérience. Le premier livre des *Essais* de Locke est consacré à réfuter la doctrine de l'innéité des idées. Il paraît contradictoire à ce philosophe de supposer que certains principes, certaines vérités soient gravés dans l'entendement, sans que l'entendement les aperçoive, par exemple les mathématiques, et toute notion métaphysique. Quant aux idées universelles, il prétend que tous les hommes les possèdent, parce tous ont le sens par lequel elles arrivent à l'esprit; par conséquent, dit Locke, elles sont acquises.

Pythagore et Platon chez les anciens, Descartes et Leibnitz chez les modernes, les philosophes de l'école écossaise, Royer-Collard, Cousin et presque toute l'école éclectique française, sont, à divers titres, les représentants du rationalisme, et plus ou moins défenseurs de l'innéité. Aucun d'eux, assurément, ne prétend que les sens ne soient pas une source abondante d'idées. Nier la matière, à l'exemple des pyrrhoniens et des spinosistes, n'est pas le propre d'un esprit sain, c'est un genre d'aberration philosophique qui mérite d'être classée par les aliénistes. La couleur des corps avec ses innombrables variétés, leur situation dans l'étendue, leurs formes diverses; le son avec ses phénomènes et les différences d'intensité, de timbre, de tonalité, d'articulation; les odeurs et les saveurs; les modifications et les états de l'air, agitation, repos, chaleur, froid, humidité, sécheresse; en un mot, la notion du monde extérieur, visible et tangible, nous vient évidemment par les sens. Descartes appelle *factices* ou *adventices* les idées qui en naissent; elles

(1) *Ouv. cit.*

ont reçu des philosophes le nom de *contingentes*, par opposition aux idées *nécessaires*. Dans la langue philosophique, le contingent est ce qui existe, mais qui n'a pas en soi la raison de son existence, et qui pourrait ne pas être. Les traits communs de toute notion contingente sont le fini, l'imparfait, le variable. Le caractère propre de l'expérience, c'est de ne jamais saisir que le contingent.

Y a-t-il dans la nature autre chose que le contingent, le fini, l'imparfait, le variable? Y a-t-il dans l'homme une faculté capable de concevoir d'autres notions que celles dont l'expérience est la source et le moyen? Poser ces questions, c'est les résoudre. L'homme voit un corps dans l'espace; ce corps pourrait ne pas exister, mais non l'espace. Quelque étendue que je suppose à celui-ci, mon esprit ne lui trouve ni limites, ni fin; de là aussi, la notion de l'immensité, de l'infini. Il en est de même du temps, *image mobile de l'immobile éternité* (Platon). Pareils aux corps dans l'espace, les événements qui sont dans le temps passé, présent, à venir, pourraient ne pas avoir été, ne pas être : mais la durée, que je l'appelle temps ou que je lui donne ce nom terrible, *éternité*, la durée n'est pas l'ouvrage de la main des hommes, elle ne dépend ni de la sensation, ni de l'expérience; on ne peut jamais supposer qu'elle n'existe pas. Les anciens avaient personnifié cette vérité métaphysique par la création du *temps*, auquel ils supposaient que les dieux mêmes étaient soumis, et par l'idée du *destin*, ou vérité immuable qui dominait même la puissance et la volonté du maître de l'univers.

Quelle est la faculté qui donne à l'homme la notion du nécessaire, de l'absolu, de l'infini? La *raison*. Ces idées sont-elles aussi évidentes, aussi certaines que les notions contingentes? Elles ont, pour ainsi dire, un degré de plus d'évidence et de certitude; car les sens ne sont pas exempts d'erreurs, la nature des connaissances qu'ils nous procurent est variable et mobile. Les idées de ce monde harmonieux qui se révèlent à la raison sont immuables et absolues. Que les corps célestes, l'organisation, l'homme disparaissent, elles n'en existent pas moins. De là provient le caractère d'absolu et d'évidence des sciences fondées sur les mathématiques; elles ont en elles leur raison d'être, elles ont une valeur intrinsèque, immuable; « et tandis que l'expérience, cette maîtresse de la vie, amasse lentement autour d'elle, à l'aide des sens, *ces outils de l'âme*, le trésor des sciences contingentes et de la nature créée, la raison ne tire ses principes que de la conscience, de la réflexion, de l'esprit (1). » Les hommes vulgaires ont remarqué, sans les comprendre, les prétendues distractions des mathématiciens et des profonds penseurs, lorsque ceux-ci étudient en eux-mêmes les vérités qu'ils chercheraient en vain dans le monde : tels furent Euclide, Archimède, Pascal, Ampère, etc. Les anciens disaient : « Ferme les yeux et tu verras; » et Newton répondait qu'il avait trouvé le système du monde en y pensant toujours

Les idées nécessaires ne sont connues que par la raison, et tirent leur origine de la *conscience*. La conscience (*vis sui conscia*) n'est point une faculté de l'âme : supérieure même à la raison, apanage exclusif de l'humanité, elle est le foyer où vont aboutir sensations et pensées, cette force qui sait le pouvoir dont elle dispose; elle est ce moi juge suprême de sa propre existence. « Il fallait, avant tout, que l'homme ne s'ignorât pas lui-même, lui acteur responsable dans le drame de la création (2). »

La conscience est, à l'exclusion des sens, la source des idées nécessaires; ce sont

(1) CARDINAL D'OSSAT.
(2) AMÉDÉE JACQUES, *ouv. cit.*

elles que les rationalistes appellent les idées innées : « Lorsque je dis (Descartes) que quelque idée est née en nous, ou empreinte naturellement dans nos âmes, je n'entends pas qu'elle se présente toujours à notre pensée ; mais j'entends seulement que nous avons en nous-mêmes la faculté de les produire. » Le même auteur, parlant de l'idée de l'infini et du parfait, ajoute : « Dieu l'a imprimée en moi comme le sceau de l'ouvrier sur son ouvrage. »

Les principes des mathématiques, les notions de l'espace et du temps, les idées d'unité, de cause première vers laquelle fait nécessairement remonter l'enchaînement des causes secondes, s'imposent à la volonté par le témoignage de la raison et de la conscience, et, à peine de révolte contre elle, il faut les accepter; si les principes qu'elles représentent pouvaient n'être pas, le monde serait la vraie représentation de l'informe chaos des poëtes. C'est d'eux surtout qu'on peut dire avec Fontenelle : Une vérité est connue dès qu'elle est nommée. Platon, dans sa haute intelligence, soutenait que l'âme avait habité un autre monde avant de venir en celui-ci, et qu'en apprenant elle ne faisait que se ressouvenir. Les stoïciens appelaient ces idées *notions communes*, pour enseigner que le Créateur les avait départies à toutes les intelligences. « La loi de Dieu est gravée dans les cœurs, » disait saint Paul. Scaliger enfin voyait, dans les idées nécessaires, *semina æternitatis*, des germes, des semences de l'éternité.

De la nature du principe pensant.

Tout en consacrant quelques pages à l'analyse des facultés intellectuelles, la plupart des physiologistes se sont abstenus d'examiner, même brièvement, quelle est la nature du principe pensant dans l'homme? Faire provenir les phénomènes intellectuels et moraux de la sensibilité physique, parler du cerveau comme de l'organe immédiat qui les accomplit, tout en réservant les droits d'une âme spirituelle qu'on abandonne aux métaphysiciens, c'est poser des prémisses sans conclusion. Pour nous, sans prétendre expliquer ce qu'il nous sera sans doute éternellement refusé de connaître, nous dirons sur le problème qui nous occupe toute notre pensée, sans réticence et sans ménagement.

Il ne peut exister que deux suppositions sur la nature du principe pensant : matière ou esprit, l'une sujette à la destruction, l'autre impérissable. Tous les moyens termes, quelque subtils qu'ils soient, épicuréisme, spinosisme, panthéisme, sensualisme, idéalisme, spiritualisme, viennent se confondre dans ces deux opinions. « Qu'importe que les épicuriens admettent une âme raisonnable formée des atomes les plus polis et les plus parfaits, si cette âme meurt avec les organes, ou si du moins les atomes qui la forment se désagrégent et retournent à l'état élémentaire? Qu'importe que Spinosa et les panthéistes reconnaissent qu'un Dieu vit en moi, que mon âme est une parcelle du grand tout? Je ne conçois d'âme qu'avec le caractère d'unité indivisible, et la conservation de l'individualité, du moi. Si mon âme, après avoir senti, souffert, pensé, aimé, espéré, va se perdre dans cet océan fabuleux appelé l'âme du monde, le moi se dissout et s'évanouit : c'est l'effacement et la mort de mes affections, de mes souvenirs, de mes espérances ; c'est l'abîme des consolations de cette vie et le vrai néant de l'âme (1). »

Sur quelles raisons se fondent certains philosophes pour attribuer la pensée à

(1) Foissac, *ouv. cit.*

l'organisation ? Il y a près de deux mille ans, Lucrèce les résumait avec une grande force dans son poëme *De rerum naturâ* (1).

Ainsi que le soutient le philosophe épicurien, le corps et l'âme paraissent naître, croître, vieillir ensemble. On trouve, dans les phénomènes de la maladie, de nouveaux arguments à l'appui de cette doctrine : quelquefois une fièvre subite voile l'intelligence, ravit la volonté, la raison et jusqu'à la conscience ; que le mouvement fébrile cesse, la pensée reprend son empire et sa clarté. Dans l'idiotisme, dans l'aliénation, dans la démence, l'entendement peut nous être enlevé pour toujours. Quelle en est la cause? Dans les neuf dixièmes des cas, une lésion de la substance cérébrale. Les blessures, les coups, les chutes, le brisement des os du crâne, révèlent une relation intime entre les désordres organiques et les troubles de l'intelligence : on voit un épanchement de sang, de pus ou de sérosité, ravir l'exercice de toutes les facultés, perception, mémoire, etc., et jusqu'au sentiment du moi. « Dès que je sus par la chirurgie, dit Broussais dans son testament, que du pus, accumulé à la surface du cerveau, détruisait nos facultés, et que l'évacuation de ce pus leur permettait de reparaître, je ne fus plus maître de les concevoir autrement que comme des actes d'un cerveau vivant, quoique je ne susse ni ce que c'était qu'un cerveau, ni ce que c'était que la vie. « Durant le sommeil, dans la lipothymie, pendant un accès épileptique, l'intelligence s'arrête et se suspend. Il en est de même par l'effet du narcotisme et des boissons enivrantes : non seulement l'esprit s'égare, mais quelquefois le poison donne une conscience factice, celle d'une vie imaginaire où toutes les notions du temps et de l'espace sont bouleversées. Les vices de conformation du crâne et du cerveau, certains rapports entre le volume, la configuration de l'encéphale et la perfection de l'intelligence, et enfin l'hérédité des penchants et des facultés dans certaines familles, ont paru des arguments irréfragables en faveur de l'opinion qui attribue à la matière les diverses manifestations de la pensée.

Il ne faut pas trop s'étonner si, frappés de cet ensemble de preuves, des physiologistes ont considéré le cerveau comme une glande sécrétoire dont le mécanisme ne serait ni plus compliqué ni plus merveilleux que celui du foie ou du pancréas : « Pour se faire une idée juste des opérations dont résulte la pensée, dit Cabanis (2), il faut considérer le cerveau comme un organe particulier, destiné spécialement à la produire, de même que l'estomac et les intestins à opérer la digestion, le foie à filtrer la bile, les parotides et les glandes maxillaires et sublinguales à préparer les sucs salivaires. Les impressions, en arrivant au cerveau, le font entrer en activité, comme les aliments en arrivant dans l'estomac l'excitent à la sécrétion plus abondante du suc gastrique, et aux mouvements qui favorisent leur propre dissolution. » On s'est appuyé encore de l'opinion du sage et religieux Locke, qui, dans son *Essai sur l'entendement humain*, avance que le Créateur, dans sa puissance infinie, a pu rendre la matière pensante : « Pourquoi, fait observer Locke, multiplier les êtres et les espèces sans nécessité? Nous ne connaissons pas assez les propriétés de la matière pour être en droit d'assurer que la faculté

(1) *Propterea gigni pariter cum corpore et una*
Crescere sentimus, pariterque senescere mentem.
Post ubi jam validis quassatum est viribus ævi
Corpus, et obtusis ceciderunt viribus artus,
Claudicat ingenium, delirat linguaque mensque.

(2) *Rapports du physique et du moral de l'homme.* — Second mémoire, *Histoire physiologique des sensations.*

de penser ne fait point partie de ses propriétés inconnues. Prétendre que Dieu ne peut donner à la matière la faculté de penser, c'est mutiler et restreindre la puissance infinie du Créateur. » Locke, et Charles Bonnet après lui, font un appel aux vérités de la religion : « La mort, dit celui-ci (1), ne serait-elle point pour l'homme une préparation à une sorte de métamorphose qui le ferait jouir d'une nouvelle vie? L'amour de notre être nous porte à le souhaiter, la raison nous le rend probable, la révélation nous le persuade. »

Les preuves métaphysiques de la spiritualité de l'âme, accumulées dans les ouvrages de Platon, de Descartes, de Bossuet, et des philosophes de notre siècle, nous ont toujours paru assez fortes pour entraîner la conviction, alors même que nous serions dans l'impuissance de répondre à tous les arguments de ses adversaires. Mais ces preuves ne sont pas les seules; et, loin de les détruire, l'observation, ce guide si sûr du sensualisme, les confirme. On n'a jamais nié la solidarité des organes sains et d'une intelligence saine, *mens sana in corpore sano*. Mais cette dépendance si naturelle n'est pas tellement absolue qu'on ne trouve de nombreux exemples du contraire : on voit de frêles enfants étonner par la précocité de leur raison et l'étendue de leur esprit, des vieillards caducs et voisins de la tombe conserver intacts le jugement, la mémoire, le feu du génie, l'ardeur du courage. Il y a peu d'années, le professeur Lordat a écrit un traité remarquable *Sur l'insénescence du sens intime* chez les vieillards. La folie s'accompagne souvent d'une lésion appréciable des centres nerveux; mais que dirons-nous des cas exceptionnels où Esquirol et les auteurs les plus consciencieux affirment n'avoir trouvé aucun vestige d'altération dans le cerveau? Les annales de la science nous fournissent, en assez grand nombre, des faits parfaitement observés d'altérations profondes de la substance cérébrale, sans que, pendant la vie, on eût remarqué le plus léger trouble de l'intelligence. On a vu des portions de cerveau enlevées, des balles traverser de part en part cet organe, sans le moindre dérangement de l'esprit, tandis qu'il suffit quelquefois de minces filets de sang dans un point rétréci pour allumer la fièvre, exciter un délire furieux et amener rapidement la mort. Hâtons-nous de reconnaître que l'intégrité des organes, leur bonne conformation, un volume suffisant sont des conditions favorables au libre exercice, à la vigueur des facultés intellectuelles. Mais gardons-nous de confondre l'organe avec la fonction; et c'est surtout en parlant du cerveau et de la pensée, que cette distinction est importante, car plusieurs organes de l'économie concourent à ce grand phénomène de la vie intellectuelle : la privation de l'air la fait cesser immédiatement; une balle qui traverse le cœur la détruit avec rapidité, etc. Et cependant, qui oserait donner pour causes premières à la pensée, l'air que nous respirons, le sang vermeil qui circule dans les canaux artériels? Mais c'est par la synergie de plusieurs organes, par la simultanéité de plusieurs fonctions que s'entretient la vie, et que l'âme peut librement exercer son empire.

On dira : Comment comprendre quelque chose qui n'est pas matière ou loi, organe ou fonction? En supposant un principe spirituel dans l'homme, où réside-t-il? S'il est localisé, il a donc de l'étendue, des parties, et dès lors que devient l'unité, principe essentiel de la spiritualité? L'union de la matière et d'un esprit est-elle possible!

La réponse à ces difficultés, quelque graves qu'elles paraissent, n'est pas impos-

(1) *Œuvres d'histoire naturelle et de philosophie*, t. VIII. Neufchatel, 1779.

sible, quoique toute explication de phénomènes qui touchent aux causes premières laisse immensément à désirer. Il est inutile de rappeler combien de phénomènes, dans l'ordre de la nature, échappent à la faiblesse de notre esprit : nous ne savons comment, en plaçant dans des conditions bien connues un acide et une base, il se forme un sel, un cristal ; comment, en déposant un grain de blé dans la terre, il pousse un épi ; et cependant personne ne nie la cristallisation, la germination. L'affinité et le mouvement, en physique, ne sont-ils pas aussi incompréhensibles que la vie ? La vie, n'est-elle pas aussi inexplicable que la pensée ? Et pourtant, ces faits si merveilleux, personne ne les révoque en doute ; bien plus, personne ne les admire : la nature nous montre ses œuvres avec tant de profusion, que nous passons à côté sans daigner leur jeter un regard, et les miracles journaliers cessent de l'être pour notre admiration rassasiée.

Les philosophes ont prétendu que l'esprit ne peut agir sur le corps, le corps sur l'âme, que l'esprit ne connaît que lui et ses idées, que les objets matériels lui échappent, etc. Sans nous arrêter à toutes ces subtilités, aux doctrines de Spinosa, de Malebranche et de Leibnitz, nous répéterons avec le P. Buffier (1) : « Si l'on me demande en quoi consiste cette connexion si étonnante, je n'en sais rien, et je ne puis y pénétrer. Ceux qui ont entrepris de le faire, ont montré quelquefois de l'esprit, sans rien dire de solide sur ce point. » « Comment cette volonté opère, dit Amédée Jacques (2), je l'ignore : je sais seulement qu'elle opère, le reste est le secret de Dieu, ou plutôt il n'y a pas de secret. Dieu m'a doué de cette puissance efficace, et il est probable qu'il n'y a employé ni moyen ni détour ; il a voulu que je puisse mouvoir mon bras, et c'est assez qu'il l'ait voulu pour que je le puisse. »

Toutes les tentatives pour trouver le siége de l'âme ont été vaines. Descartes, après avoir posé, avec tant de génie et d'autorité, les principes de la philosophie spiritualiste, a logé l'âme dans la glande pinéale. Lapeyronie la plaçait dans le *septum lucidum* ; Charles Bonnet, dans une partie du cerveau, sans savoir laquelle ; Lancisi a écrit un traité intitulé : *De sede cogitantis animæ*, sans être plus heureux dans ses appréciations. Imitons la sagesse et la modestie de Haller, qui, après tant de recherches, écrivait que l'anatomie est muette sur le siége de l'âme. Ajoutons encore qu'Hippocrate en avait une idée plus juste que tous les localisateurs, en la définissant : *Spiritum tenuem per corpus dispersum.*

Quelques philosophes, assimilant les facultés des animaux à celles de l'homme, demandent à quel principe elles doivent leur origine : ils prétendent que ce principe est le même chez les bêtes et dans l'espèce humaine, les seules différences provenant de la perfection relative des sens et du système nerveux.

Les anciens avaient puisé, dans l'initiation aux mystères de l'Égypte et de l'Inde, l'opinion de la transmigration des âmes, et généralement ils en attribuaient une aux bêtes. Après avoir élevé les animaux jusqu'à l'homme, Condillac a été nécessairement conduit à se prononcer sur le principe qui les fait agir, et sur la responsabilité de leurs actes ; il leur accorde une âme simple comme celle des hommes, et pourtant mortelle, Dieu ne leur donnant pas l'immortalité parce qu'il ne la leur doit pas. L'un de ses disciples, Charles Bonnet, ne met point en doute que l'âme

(1) *Traité des vérités premières*, p. 168.
(2) *Ouv. cit.*

des bêtes ne soit entièrement semblable à la nôtre, et il soutient que combattre son immortalité, c'est porter atteinte au dogme de l'immortalité de l'âme humaine. Quoique la supposant simple, Charles Bonnet se demande de quel côté reste l'âme dans un animal coupé en deux parties qui continuent à vivre l'une et l'autre. « Dans ce cas, dit-il, l'âme reste du côté du cerveau ; il se développe de l'autre une âme qui était en germe, et qui acquiert toute sa force quand le cerveau s'est formé. » On trouve une opinion semblable dans l'ouvrage de physiologie de J. Müller (1) : « Le principe vital, l'âme d'un animal sont inhérents à la matière des êtres organisés, mais sans être composés de parties, et ils sont susceptibles de division comme cette matière, sans que leur puissance subisse par là aucun changement. » L'opinion de Leibnitz n'est pas moins curieuse : il croit que l'âme des bêtes est indivisible comme notre esprit ; mais là commence une grande difficulté sur l'origine et la durée de ces âmes ; il doute si elles ne vont pas de corps en corps, et si, créées avec le monde, elles ne durent pas autant que lui. Il est donc conduit à nier que l'animal meure (même quand il se décompose et se putréfie) ; ayant toujours été vivant et organisé, il le demeure toujours. On voit, par ces citations abrégées, qu'à l'exemple des peintres et des poëtes, les philosophes ont tout osé : c'est aux physiologistes à donner l'exemple de la sagesse, et à savoir, à défaut de certitude, s'appuyer sur l'analogie et la vraisemblance.

Nous sommes trop profondément frappés de la distance infranchissable qui sépare l'homme des brutes pour admettre de l'analogie entre le principe de leurs actions et de leurs facultés. Les corps inertes sont sous l'empire des lois physiques ; mais déjà l'aimant révèle dans la matière une propriété assez merveilleuse pour que les anciens lui aient donné le nom d'âme. La cristallisation semble d'ailleurs une transition aux propriétés nouvelles que nous rencontrons dans le règne des plantes. Les merveilles de la germination, de la fructification, une sorte de tact exquis développé dans la sensitive, nous préparent aux facultés départies si diversement à l'innombrable espèce animale. Mais, de même que je n'explique ni la vie des plantes, par la gravitation, l'affinité ou l'aimant ; ni l'organisation, la sensibilité et l'instinct des animaux, par les forces brutes de la matière et l'organisation incomplète des plantes ; de même les facultés toutes merveilleuses de la fourmi, de l'abeille, du castor, du singe et de l'éléphant seront impuissantes à m'expliquer la nature de l'homme et les modes brillants de sa pensée. Je ne chercherai pas, avec Condillac, si les brutes sont douées d'une âme mortelle ; avec Moïse, si la vie de toute chair est dans le sang ; avec saint Augustin, si la vie des brutes est un esprit vital formé par l'air et le sang, jouissant de la sensibilité et de la mémoire, mais mourant avec le corps et s'évanouissant dans l'air ; il suffit de constater qu'il n'y a dans l'animal aucun rudiment des facultés *propres* à l'âme humaine, c'est-à-dire de celles qui n'empruntent rien aux sens, à la matière et qui ont leur origine dans la conscience.

L'homme doit-il sa supériorité à la perfection des sens, à son organisation privilégiée ? Mais un grand nombre d'animaux sont pourvus de sens non moins parfaits que les siens : les oiseaux de proie ont même la vue, l'ouïe, l'odorat plus étendus et plus fins. Il est vrai qu'aucun, pas même l'éléphant, ne possède le tact à un tel degré de perfection ; aussi Galien, Buffon et leurs partisans ont-ils établi sur cette perfection la supériorité intellectuelle de l'homme. Il y a longtemps que Gall a

(1) *Manuel de physiologie*, trad. de Jourdan, t. II, p. 484.

réfuté ces sophismes et prouvé que les sens ne font naître aucune faculté, aucun penchant; il l'a fait avec un talent d'observation et une force de raisonnement qui ne laissent matière à aucun doute.

Il n'existe dans l'homme aucun organe essentiel, aucun nerf important qu'on ne trouve chez les animaux supérieurs au même degré de développement : le cerveau lui-même ne fait pas exception, quoique Gall ait prétendu que celui des animaux n'est qu'un cerveau tronqué. Qu'on lise, en effet, sans passion et sans idée préconçue les recherches de Desmoulins, Gall, Spurzheim, Spix, Lélut, Leuret, Parchappe, etc., sur le volume et la configuration de l'encéphale dans leurs rapports avec l'intelligence, « on reconnaîtra, d'après la juste remarque de Foissac (1), qu'en sortant des généralités pour apprécier avec rigueur les résultats de l'observation, on éprouve un obstacle insurmontable à formuler une loi à travers les mailles de laquelle ne s'échappent point de nombreuses contradictions. Sous le rapport organique, sans doute l'homme est le privilégié de la création, et cela devait être, car tout a une fin. Il y a un rapport harmonieux entre l'âme et le monde, entre chaque faculté et les choses du dehors. Mais qu'on se garde de chercher la raison de cette suprématie dans les secrets de l'organisme. L'encéphale du dauphin et de l'éléphant est plus volumineux que celui de l'homme; que dirons-nous de la force de ce dernier quand on considère celle des taureaux et des lions, de sa vue comparée à celle de l'aigle ? L'homme enfin est privé de quelques organes, des ailes, par exemple, qui ont créé les oiseaux rois de l'air, rivalisant avec la vitesse des vents, et auxquelles il n'a pu suppléer ni par l'invention avortée des aérostats ni par les ailes de fer de la vapeur.

» Que l'on accorde aux animaux une sensibilité analogue à celle de l'homme, une mémoire bornée aux choses *contingentes*, consistant plutôt en renouvellement de sensations et d'images qu'en reproduction d'idées, qu'on leur accorde l'instinct si varié et si fécond en merveilles dont la cause nous est inconnue; sur ces divers points il n'y a aucun dissentiment parmi les philosophes. Mais, en dehors de ces propriétés, de ces forces, de ces penchants, combien trouvons-nous de facultés spéciales dévolues exclusivement à l'homme ! Et d'abord la conscience, le sentiment de l'individualité, le *je*, le *moi*, premier attribut de l'âme humaine, dans laquelle naissent et se développent les idées *nécessaires* qui n'empruntent rien au monde matériel, à qui les sens n'apportent rien ; ensuite la volonté, ce pouvoir d'agir librement, de faire ou de s'abstenir, de sacrifier sa vie par dévouement à la patrie, à l'honneur, de se tuer volontairement, ce qui faisait dire à Bossuet : « Dieu a respecté l'épouvantable liberté de l'homme. » Jamais animal n'a commis un suicide. Les stoïciens prétendaient même qu'à cet égard l'homme est supérieur aux dieux, car il a la liberté de s'ôter une vie devenue insupportable, tandis que les dieux sont enchaînés par le destin à leur immortalité. A côté de la conscience et de la volonté se place une faculté dont on ne trouve aucun vestige dans les actes des animaux les plus parfaits, la *raison*. « Ce génie que Dieu a donné à chacun de nous pour chef et pour maître, émanation de Dieu même, dit Marc-Aurèle, c'est notre raison. » C'est elle, en effet, qui guide sûrement l'esprit dans les profondeurs des sciences immuables; la conscience, dans le sanctuaire des lois morales, leur révélant ainsi les desseins de l'éternité, et leur découvrant que l'homme est en quelque sorte le chaînon d'or jeté entre la création et le Créateur.

(1) *Ouv. cit.*

« Et maintenant, continue Foissac, que l'on jette un regard sur les ouvrages sortis des mains de l'homme, sur les progrès et les découvertes dus à son génie : sous quels rapports peut-il être comparé aux animaux ? Divers auteurs ont parlé avec admiration de leur langage, si toutefois on peut donner ce nom à un bruit confus, à des cris inarticulés, expression animée de leurs besoins et de leurs passions. En quoi raisonnablement voudrait-on l'assimiler à la parole, ce puissant ressort de nos progrès et de notre civilisation? L'invention des langues est une de ces œuvres que l'on pourrait appeler divines, tant elle est merveilleuse et surnaturelle. Chez tous les peuples, on a vu la perfection d'une langue devenir le mobile fécond de son avancement et de sa supériorité. L'homme essaya d'abord de conserver le dépôt des notions acquises, et de rendre immortelle la vie éphémère des peuples ou des héros par la tradition orale, une sorte de mémoire perpétuée dans les générations par les monuments et les signes hiéroglyphiques. Mais combien étaient incertains et fragiles ces monuments de la tradition! Que de siècles sont morts emportant avec eux dans l'abîme de leur tombe l'histoire des faits qui les ont traversés! Que de grandes pensées, d'actions sublimes, de généreuses aspirations, que de crimes, de souffrances, de larmes sont ensevelis sous des ruines muettes, sous une poussière aujourd'hui sans nom et sans écho! Puis vinrent les lettres phéniciennes, l'une de ces inventions semées sur la route du temps comme un fanal pour éclairer les peuples ; l'imprimerie enfin, qui est le couronnement de cette découverte, et sans laquelle il devenait presque impossible de mettre à la portée de tous les traditions de l'histoire et les secrets des sciences. On dirait que, pareil à un instituteur habile accommodant ses leçons aux progrès de la raison de ses jeunes pupilles, Dieu conduisait l'humanité, sa fille sur la terre, par des voies successivement agrandies, livrant avec ménagement les secrets de la nature féconde à l'enfance des peuples, et réservant pour l'âge de leur virilité les découvertes qu'il faisait germer dans le génie des hommes. Ah ! si l'on réfléchit à ce qu'il a fallu d'intelligence et de travail pour découvrir les arts usuels, la fonte des métaux, la mécanique, la navigation, l'astronomie, etc., on reste confondu d'admiration, et l'on se demande comment il a pu se trouver des philosophes égarés par l'esprit de système au point de comparer l'homme à cette classe d'êtres dépourvus de raison, qui, depuis la création jusqu'à nous, n'ont rien inventé, rien changé à leurs premières habitudes, à leurs instincts, et qui transmettent dans la suite des siècles leur uniforme vie et leur éternelle immobilité. »

DU SOMMEIL.

A partir du moment de la naissance, notre existence est assez inégalement partagée en deux états bien différents: l'état de veille et l'état de sommeil. Du premier on a voulu faire la vie réelle; on a comparé le second à la mort, que l'on a appelée du nom de sommeil éternel. De là vient que, prenant pour norme la veille, on s'est péniblement évertué à expliquer pourquoi survenait le sommeil, quels étaient son but, son origine et sa terminaison. Mais, que ne s'est-on donné la même peine pour expliquer la veille, qui n'est pas plus l'état normal de l'existence que le sommeil?

L'homme dort et veille. Comment s'endort-il? comment dort-il? comment s'éveille-t-il? Telles sont les principales questions que comprend l'étude du sommeil. Quant à l'explication des phénomènes qui s'y rapportent, l'extrême difficulté

d'en donner une bonne sera bientôt démontrée par l'exposé succinct des diverses théories qu'on a successivement émises.

I. Mais, d'abord, qu'est-ce que le sommeil? Est-ce un état négatif seulement? Si, comme on a cru devoir l'avancer, le sommeil est un état primordial qui précède la naissance, on ne peut l'expliquer, le définir par la veille qui ne survient qu'après lui. Grimaud (1), Brandis (2), Fessel (3), Buffon (4) et beaucoup d'autres, n'hésitent pas à considérer l'état de sommeil comme le type, comme la condition élémentaire de l'organisme. Cette manière d'exister ne saurait d'ailleurs être absolument passive, si, pendant qu'elle dure, le fœtus acquiert son entier développement. Mais, sans nous transporter à ce sommeil intra-utérin, dont assurément il serait bien permis de contester l'analogie, la similitude avec le sommeil proprement dit, est-ce donc un état passif celui dans lequel tous nos organes acquièrent une énergie nouvelle, et pendant lequel certaines facultés conservent l'activité qu'elles possédaient durant la veille? De cette considération, il résulte qu'on ne saurait admettre les théories du sommeil qui font intervenir, dans la définition de cet état, un élément négatif quelconque. Ainsi, d'après Broussais (5): « Le sommeil se manifeste par la *cessation* des fonctions des sens, de celles des muscles soumis à la volonté et par l'*abolition* des facultés intellectuelles et affectives. » Mais un pareil sommeil n'existe pas, il est impossible; car ce sommeil ne pourrait pas cesser, il serait éternel, ce serait la mort, ou du moins un état pathologique grave bien distinct du sommeil physiologique: pour que le réveil soit possible, il faut qu'aucune faculté ne soit abolie.

On ne peut davantage admettre que, dans son sommeil, l'homme soit un animal moins parfait que dans l'état de veille (6); car, comme animal, il reste ce qu'il est pendant la veille, aucun changement matériel ne survient qui soit de nature à altérer sa perfection.

« Le sommeil, dit Cabanis (7), n'est pas un état purement passif, c'est une fonction particulière du cerveau qui n'a lieu qu'autant que, dans cet organe, il s'établit une série de mouvements particuliers, et leur cessation ramène la veille ou les causes extérieures du réveil la produisent immédiatement. » Il ne faudrait pourtant pas aller trop loin dans cette voie, et ce serait tomber dans un excès fâcheux que de vouloir, avec Friedlænder (8), faire du sommeil « la fonction d'un organe spécial, dont la polarité produirait une polarité adynamique de l'organe de l'intuition intérieure. »

Beaucoup de physiologistes admettent que les meilleures définitions du sommeil sont encore celles qui résultent de cet aphorisme d'Hippocrate: « *Motus in somno intro vergunt;* » de cette phrase de Buffon (9): « C'est une façon d'exister tout aussi réelle et plus générale qu'aucune autre; tous les êtres organisés qui n'ont point de sens existent de cette façon; » de l'opinion de Brandis (10) qui le considère

(1) *Cours complet de physiol.*, t. II, p. 298.
(2) *Lehre von den Affecten des lebendigen Organismus*, p. 538.
(3) *Dissert. de somni vigiliarumque notione et discrimine.* Berlin, 1828.
(4) *Hist. nat.*, t. IV.
(5) *Physiol. appliquée à la pathologie*, t. I, p. 242
(6) DARWIN, *Zoonomie*, t. I, p. 344, trad. franç.
(7) *Rapports du physique et du moral. — Influence du régime*, § XV.
(8) *Versuch über die innern Sinne und ihre Anomalien*, p. 361.
(9) *Ouv. cit.*
(10) *Ouv. cit.*

comme un état qui nous replonge dans la vie fœtale, et de Fessel (1) qui prétend que la veille dégage l'âme des chaînes de la vie physique.

Burdach (2) admet aussi que « de même que le sommeil des végétaux est un retour de la plante développée vers l'état embryonnaire, par la cessation de l'antagonisme entre la tige et la racine, et par la soumission à l'empire exclusif de la vie radiculaire ; de même aussi, chez l'homme, le sommeil est la racine de la vie animale et la fusion des vies morale et physique. »

En réalité, dans le sommeil, toutes les fonctions essentielles continuent à s'exercer, toutes les facultés conservent leur existence, mais elles se manifestent plus ou moins, suivant que le sommeil est plus ou moins profond. Le corps de l'homme endormi n'a pas à lutter contre le monde extérieur, de là moins de mouvements ou un repos presque absolu; l'esprit, dans le sommeil, n'a plus à recevoir les impressions du dehors, de là cette fraîcheur des idées, cette vivacité de l'imagination qui ne se heurte pas aux obstacles de la vie matérielle, etc. Le sommeil semble être un état dans lequel l'homme vit, pour ainsi dire, en lui-même, isolé de ce qui l'entoure.

II. Les premières manifestations du sommeil sont souvent confondues avec le simple repos; mais, lorsque le sommeil est parfait, comme chez les individus qui ont éprouvé une longue fatigue corporelle, tous les phénomènes qui le caractérisent se présentent à la fois: alors, le corps, obéissant aux lois de la pesanteur, reste ordinairement dans le décubitus dorsal, l'exécution des mouvements volontaires est suspendue, les sens ne manifestent plus leur activité; la faim, la soif, le besoin d'expectoration, d'excrétion des urines ou des féces ne sont plus perçus. Dans cet état, en effet, pour un observateur inattentif, le sommeil est comme la mort, car le corps est devenu étranger à tout ce qui l'environne ; et pourtant il est animé, et les fonctions les plus indispensables à la vie, la circulation, la respiration, la digestion, etc., persistent.

Ces dernières fonctions sont seulement modifiées et s'exécutent elles-mêmes avec une certaine lenteur, qui est l'indice du sommeil des organes chargés de leur accomplissement. Ainsi, pour prendre un exemple, le cœur bat moins vite pendant le sommeil. *Pulsus in somno parvi*, *languidi*, *rari*, a dit Galien (3). Gorter (4), Boerhaave (5), de Moor (6) ont établi la même proposition en des termes différents. Hamberger (7) a compté, au pouls d'un enfant de huit ans, 100 pulsations pendant la veille et 11 de moins pendant le sommeil; au pouls d'un enfant de onze ans, 90 pulsations pendant la veille et 80 pendant le sommeil: une différence plus grande encore existait chez un enfant de quatorze ans. » Haller (8), qui pense aussi que le sommeil ralentit le pouls, dit : « *Pulsus, vespertino tempore frequentior, per somnum paulatim minuitur.* » Hippocrate (9), Sanctorius (10), Mor-

(1) *Ouv. cit.*
(2) *Traité de physiol.*, t. V, p. 230, trad. de Jourdan.
(3) *Caus. puls.*, cap. IX, X.
(4) *Exerc.*, t. II, n. 14.
(5) *Prælect.*, t. IV, p. 505.
(6) *Inst. med.*, 355.
(7) *Physiol. med.*, p. 686. Ienæ, 1751.
(8) *Elem. physiol.*, lib. XVII, sect. III, t. V, p. 598.
(9) *Epid.*, VI, 4-5.
(10) Sect. IV, n. 47-48.

gagni (1) ont avancé, au contraire, que le cœur battait avec plus de force et de vitesse pendant le sommeil que pendant la veille; mais c'est là une erreur facile à reconnaître et à expliquer. Lorsque le corps est fatigué, il éprouve un besoin vif et impérieux, celui du repos. Ce besoin se traduit par la sensation particulière qui se manifeste dans tous les organes actifs du mouvement, et, s'il n'est immédiatement satisfait, il occasionne une véritable réaction fébrile. De même que la faim quand elle n'est pas assouvie, que la soif quand elle n'est pas étanchée, accélèrent tout d'abord les battements du pouls, de même le besoin de sommeil augmente aussi le nombre de ces battements. Plus tard, quand le malaise qui résulte d'un besoin non satisfait est passé, le pouls revient peu à peu à son état normal, et bientôt lui-même semble se reposer et battre avec moins de fréquence et de vigueur.

Des observations analogues peuvent être faites relativement aux autres fonctions. Il n'est même pas exact d'admettre, comme on le fait généralement, que les organes génitaux jouissent d'une plus grande excitabilité durant le sommeil que durant la veille. Ici, il importe de rappeler que les causes d'excitation possèdent seules plus d'activité, plus d'énergie ou plutôt sont accumulées en plus grand nombre. Ainsi, chaleur du lit, décubitus dorsal, compression exercée sur les vésicules séminales par la vessie distendue, contacts érotiques, voilà bien des causes capables d'exciter l'orgasme vénérien; et, sans doute, si elles se trouvaient toutes réunies pendant la veille, on constaterait que le sommeil n'augmente pas réellement l'excitabilité de l'appareil génital.

III. Le sommeil ne s'empare pas brusquement de tout notre être, nos organes s'endorment successivement à des degrés variables : plusieurs veillent encore que d'autres sont déjà endormis, qui s'éveilleront peut-être à leur tour quand les premiers s'endormiront. En général, ce sont les muscles des membres qui les premiers se relâchent, s'affaissent et participent au sommeil. Les bras, les jambes devenus immobiles, restent dans la position qu'ils ont choisie et qui est en rapport avec la disposition des articulations et des principales masses musculaires (2). La prédominance des muscles fléchisseurs sur les extenseurs, chez l'homme, fait que, pendant le sommeil, ses membres se mettent le plus souvent dans la flexion. Après les membres, les muscles volontaires du tronc s'engourdissent et s'endorment. Haller, qui a longuement examiné comment survient le sommeil, n'a pas manqué de noter les oscillations de la tête que son poids entraîne en avant sur la poitrine, et dont la chute amène presque toujours le réveil momentané que doit suivre bientôt un assoupissement plus complet.

Toutefois, il arrive fréquemment que l'homme endormi exécute certains mouvements qui exigent des contractions musculaires nombreuses, variées, étendues,

(1) *De sed. et caus. morb.*, t. I, p. 251.

(2) Chez les oiseaux, certaines dispositions mécaniques expliquent comment ces animaux peuvent dormir debout sans qu'il soit besoin d'un effort musculaire. Duméril (*Bulletin de la Soc. philom.*, t. II, p. 4) a démontré que, chez les échassiers, il existe, dans le condyle externe du fémur, un enfoncement propre à recevoir la tête du péroné; et, par là, on comprend qu'il suffise que cette articulation ait été une fois fixée pour qu'elle reste dans la même position, jusqu'à ce qu'un effort musculaire vienne la changer. De même, chez les oiseaux, qui, pour dormir, se fixent sur les branches que leurs pattes embrassent solidement, on voit un long tendon du crural grêle passer sur la rotule pour s'unir avec les tendons des fléchisseurs des orteils : aussi, quand la cuisse est fléchie, les orteils se trouvent-ils également maintenus dans la flexion d'une manière fixe, permanente, solide, quoique passive, puisque cette flexion est produite par une disposition purement mécanique.

soit d'une partie du corps, soit du corps en totalité, ou bien qu'il garde, pendant le sommeil, une position prise pendant l'assoupissement, et qui est de nature à exiger des contractions musculaires capables de résister aux effets de la pesanteur. Pour expliquer ces phénomènes, il suffit d'admettre que le sommeil n'est pas toujours et nécessairement général, qu'il est au contraire dans sa nature même d'isoler, en quelque sorte, chacune de nos parties, et que, par conséquent, certains muscles, certaines régions peuvent exécuter des mouvements même volontaires, demeurer éveillés pendant que le reste de l'organisme est plongé dans un profond sommeil (1). Et, en effet, la position que prend le corps, avant de s'endormir, n'est pas toujours la même ; mais elle a toujours la même raison d'être, elle est constamment telle qu'il en résulte le repos le plus parfait. Ainsi, qu'une partie de notre corps ait fatigué presque seule, et, contre les lois de la pesanteur, cette partie du corps sera placée de façon qu'elle puisse parfaitement reposer, dormir d'une manière absolue, contraignant ainsi d'autres organes moins fatigués à exécuter des contractions continues qui indiquent leur état de veille.

Dans le calme de la nuit, nos *sens* inactifs ne reçoivent aucune impression du dehors, et cette inaction, qui favorise la somnolence, est bientôt suivie du sommeil. Presque toujours la *vue* est le sens qui s'endort le premier : l'œil fatigué se ternit, il perd de son éclat et fixe les objets qu'il ne voit déjà plus; en même temps, la paupière supérieure s'abaisse, l'inférieure s'élève, et le globe oculaire, complétement recouvert par ces voiles protecteurs, se met à l'abri des rayons lumineux. La translucidité des voiles palpébraux permet pourtant à la rétine de sentir encore l'impression d'une lumière éclatante, d'où résulte sans doute le réveil si fréquent qui arrive sous l'influence du jour ou d'une clarté vive. Mais il faut que le sommeil soit léger, pour que ces impressions lumineuses soient perçues; dans un sommeil profond, elles ne constituent pas un excitant capable d'en interrompre la continuité.

Une autre remarque intéressante, c'est que la lumière peut manifester son action sur la rétine, sans qu'il paraisse y avoir perception : en effet, chez l'homme qui s'endort dans un endroit assez obscur, les pupilles sont dilatées; chez celui qui se couche au soleil et s'endort les yeux tournés vers cette masse de lumière, les pupilles sont resserrées, et même, lorsqu'on fait passer un individu endormi de l'obscurité à la lumière, sans qu'il s'éveille, la pupille se contracte. Il y a donc, dans cette circonstance, un mouvement qui s'exécute pendant le sommeil comme pendant la veille, à notre insu et indépendamment de la volonté, mais en raison d'une impression que nous ne percevons pas quand nous sommes endormis, que nous aurions perçue étant éveillés. C'est là un *mouvement réflexe*, analogue à ceux qu'on observe chez les sujets qui se dérobent, en dormant, par des mouvements dont ils n'ont pas conscience, à des impressions qu'ils n'ont pas perçues.

Le globe oculaire reste immobile durant le sommeil, et cependant le strabisme, dont sont quelquefois affectés les enfants qui dorment dans une position telle qu'un de leurs yeux reçoive l'impression solaire, donne lieu de croire que ce repos n'est

(1) Évidemment, je n'entends pas faire allusion ici à ces autres mouvements si nombreux qui, dépendants du *pouvoir réflexe* de la moelle, continuent de s'exécuter pendant le sommeil. Je puis néanmoins rappeler, en passant, que c'est à ce pouvoir réflexe qu'il faut rapporter la contraction de l'orbiculaire palpébral et celle des autres sphincters chez l'individu endormi.

pas absolu, mais que le globe oculaire peut encore se diriger vers les points lumineux qui l'attirent, ou s'éloigner de ceux qui l'irritent ou le gênent. Ce seraient là les mouvements automatiques de l'ordre de ceux dont nous venons de parler.

Pendant le sommeil, les larmes coulent moins abondamment que pendant la veille, et, déjà même avant que les paupières soient closes, on remarque une certaine sécheresse de la conjonctive, qui réclame des mouvements de clignement plus rapprochés qu'à l'ordinaire. D'ailleurs, on sait que la disposition des bords des paupières est telle, que l'écoulement des larmes suit son cours normal, même quand l'œil est fermé; ce qui explique comment, malgré le défaut d'évaporation, les larmes ne s'accumulent pas derrière les paupières fermées par le sommeil.

Le sens visuel ne s'endort pas d'une manière instantanée et ne s'éveille pas non plus brusquement : il arrive souvent que, pendant l'état qui précède le sommeil parfait, pendant la somnolence, des hallucinations de la vue surviennent et affectent plus ou moins vivement l'intelligence; il en est de même pendant les instants qui précèdent le réveil complet.

Plus tard que la vue, l'*ouïe* s'endort et termine la succession des phénomènes qui ont signalé l'invasion du sommeil. Il est à noter que le sens de l'ouïe, qui est le plus rebelle aux influences du sommeil, est aussi celui qui résiste le plus aux attaques de la mort : on entend encore, après que tous les autres sens ont cessé de vivre, de même que l'on entend encore même quand tous les autres sens sont endormis. Une autre circonstance singulière est la suivante : c'est par l'organe de l'ouïe que pénètrent très souvent les influences soporifiques, c'est par son intermédiaire que les autres sens s'endorment tandis que lui veille encore. En effet, on sait avec quelle facilité la monotonie d'un son provoque le sommeil : le bruit d'une chute d'eau, le murmure du vent dans le feuillage, les naïves chansons dont nos mères ont bercé notre enfance, etc., endorment tous nos sens, tandis que les oreilles restent encore sensibles à l'impression du son. L'organe de l'ouïe, logé dans un réceptacle osseux, condamné à une immobilité absolue, ne peut en effet facilement se soustraire aux sensations qui l'assiégent, il entend jusqu'aux bruits intérieurs de notre corps, il entend même le silence.

De tous les sens, endormi le dernier, le premier il s'éveille et éveille les autres comme il les avait aidés à s'endormir. Très souvent, en effet, on est éveillé par les bruits du dehors. Au milieu d'un assoupissement profond, notre nom prononcé à voix basse suffit pour chasser le sommeil; mais il y a dans ce phénomène autre chose que le résultat d'une sensation, il tient sans doute à des conditions psychologiques particulières. Par contre, le bruit le plus violent, quand on y est habitué, n'empêche pas de dormir; quelquefois même les impressions auditives sont nécessaires pour maintenir le sommeil : le meunier, qui s'endort au bruit de son moulin, s'éveille quand ce bruit cesse; l'enfant, qui s'endort aux chants de sa nourrice, est réveillé par le silence qu'il entend autour de lui.

Le *goût* et l'*odorat* passent de la veille au sommeil, sans présenter aucun phénomène appréciable. Le goût paraît s'endormir le premier et ne s'éveiller que le dernier. Il est vrai qu'il est dans les conditions de ce sens de ne donner naissance qu'à des sensations bornées par leur durée et par leur fréquence. L'odorat semble conserver quelque temps sa sensibilité, après même que les paupières sont closes : on peut voir du moins que les odeurs fortes sont capables de réveiller des per-

sonnes qui s'endorment. Mais, dans ces cas, il est assez difficile de distinguer l'effet excitant produit par les odeurs fortes sur la pituitaire, considérée comme organe tactile, de l'effet qui résulte des émanations odorantes elles-mêmes. Il se pourrait que le résultat, attribué à une impression produite sur les nerfs olfactifs, fût dû à l'impression exercée sur les nerfs de sensibilité générale qui se distribuent dans les fosses nasales (1).

Quant au *toucher*, il perd de son activité dès les premières manifestations du sommeil; mais ce sens est aussi des premiers à s'éveiller, et jamais il ne dort très profondément. Le contact d'un corps étranger suffit souvent pour réveiller un homme endormi, lorsque ce contact est subit et inattendu; au contraire, les pressions même douloureuses et prolongées, quand elles ont précédé l'invasion du sommeil, peuvent n'être plus perçues. L'habitude, en cette circonstance encore, paraît avoir la plus grande influence: tandis que le pli d'une feuille de rose empêchait les Sybarites de dormir, on voit tous les jours les hommes qu'ont épuisés de rudes travaux trouver un sommeil réparateur, couchés sur la terre avec une pierre pour oreiller.

Certaines excitations sont plus aptes que d'autres à réveiller la sensibilité tactile: un contact, même assez violent, répété sur une large surface, pourra ne pas troubler le sommeil d'un homme que le plus léger chatouillement éveillera aussitôt. C'est ainsi encore que le toucher, exercé par une personne dont la présence auprès de nous pendant notre sommeil nous est connue, sera bien moins capable d'en rompre la continuité que le moindre attouchement pratiqué d'une manière tout à fait imprévue. L'explication de ces particularités doit être cherchée non pas dans nos sens, mais dans le *sensorium commune;* non pas dans notre corps, mais dans notre esprit.

De l'étude précédente sur l'état des sens dans le sommeil, il résulte que s'ils ne s'endorment pas en même temps ni au même degré, leur réveil ne se fait pas non plus instantanément pour tous. Il existe une solidarité remarquable entre les divers organes sensoriaux, puisque nous avons vu le sommeil de l'un faciliter, amener le sommeil des autres, et le réveil de l'un occasionner, produire le réveil de tous les autres.

IV. Durant le sommeil, selon Jouffroy (2), etc., l'esprit n'est pas comme le corps dans un état spécial; il reste toujours éveillé. Contrairement à cette opinion, on est autorisé à croire que le sommeil de l'esprit existe, qu'il se compose du sommeil simultané ou successif de nos facultés intellectuelles, qu'il coïncide presque toujours avec le sommeil physique, bien qu'il ne soit pas nécessairement sous la dépendance de ce dernier.

(1) « Il est très rare, dit Brillat Savarin (*Physiologie du goût*, t. II, p. 17, 1838), que les sensations qu'on éprouve en dormant se rapportent au goût et à l'odorat. Quand on rêve d'un parterre ou d'une prairie, on voit des fleurs sans en sentir le parfum; si l'on croit assister à un repas, on en voit les mets sans en savourer le goût. Ce serait un travail digne des plus savants que de rechercher pourquoi deux de nos sens n'impressionnent pas l'âme pendant le sommeil, tandis que les quatre autres jouissent de presque toute leur puissance. » D'après Macario (*Ann. méd. psychol.*, t. VIII) ces différences dépendent de ce que les sensations du goût, de l'odorat sont bien moins déterminées, bien moins définies, bien moins précisées par les signes du langage que les sensations de la vue de l'ouïe et du toucher.

(2) *Nouv. Biblioth. méd.*, 1827, t. II, p. 368.

Dans les phénomènes du sommeil physique, nous avons pu isoler, pour ainsi dire, chaque fonction, chaque sens, et y suivre les manifestations qui signalent le moment où l'on s'endort. Il nous reste à tenter une pareille étude dans l'ordre intellectuel.

La perception sommeille, et parfois même avant les organes des sens avec lesquels elle a de si intimes connexions. En effet, qu'arrive-t-il à l'homme qui lutte péniblement contre le sommeil, au travailleur fatigué qui cherche dans une lecture aride les fruits savoureux de la science, au juge épuisé, condamné à entendre une longue plaidoirie? Ce qui arrive, nous le savons tous par nous-mêmes : combien de fois ne nous est-il pas advenu, après des veilles prolongées, de nous trouver assiégés d'impressions que nous ne percevions plus! Combien de fois ne nous est-il pas tombé des mains, le livre que nous lisions, sur les blanches feuilles duquel nous distinguions à peine les signes noirs de l'impression! Dans ce livre, nous voyions les lettres, nous les assemblions, nous lisions les mots, nous achevions les pages, mais nous ne concevions plus ; un peu plus tard, nous voyions encore, mais nous ne lisions plus, enfin nous ne percevions plus nos impressions. Dans ce dernier cas, il est incontestable que la faculté de percevoir s'assoupit, s'endort avant même l'organe du sens qui transmet l'impression.

Dans d'autres circonstances, l'organe sensorial s'endort avant la faculté, non pas de percevoir, mais de concevoir. Il est difficile de démontrer que la perception persiste après le sommeil des sens ; on ne comprend pas tout d'abord, et l'on est porté à nier qu'une sensation puisse exister sans passer par les sens. Mais, que le sommeil ferme l'organe de la vision au moment où une image vient d'être perçue, cette image pourra donner naissance à une foule d'idées qui, en raison de leur affinité avec l'idée mère résultant de l'image perçue, naîtront, croîtront, se succéderont avec une rapidité d'autant plus grande qu'aucune nouvelle sensation ne viendra les interrompre. Pendant la veille, une idée primaire existant, elle pourra persister sous l'influence de la volonté, jusqu'à ce qu'une sensation nouvelle, déterminant une nouvelle série d'idées, la fasse disparaître ; mais, au moment où survient le sommeil, l'idée primaire se transforme bientôt en une autre qui en amène une troisième, et ainsi successivement. Toutes ont cela de commun, que, par un point, elles touchent à l'idée précédente jusqu'à la première, qui tient à la sensation, et, dans cette chaîne, le premier anneau, comme chacun de ceux qui le suivent, peut donner attache à une foule de pensées qui varient suivant les facultés, les dispositions, les natures individuelles. Que l'idée de la lumière, par exemple, soit conçue, et, dans l'esprit du physicien, elle réveillera ces multiples idées de composition et de décomposition, de réfraction, de polarisation, etc., dont les innombrables problèmes pourront se succéder à l'infini; au physiologiste, elle rappellera les curieux phénomènes de la vision; au peintre, les variétés des couleurs et l'éclat de ses pinceaux ; à l'homme du monde, l'éclat des fêtes; au poëte, les beautés de la nature; et chacune de ces idées primaires, source à son tour d'une foule d'idées différentes et pourtant associées avec la première, explique l'infinie variété de celles qui peuvent tenir à la même perception. Mais, de toutes ces formes de la conception, l'idée primitive est la plus intense, la plus vivace; toutes celles qui lui succèdent vont en s'affaiblissant, jusqu'à ce que la dernière se perde dans le sommeil de la conception.

Il est facile de vérifier sur soi-même les faits qui précèdent, et nul doute que chacun de nous n'ait maintes fois éprouvé les phénomènes qui surviennent avant que la con-

ception sommeille et lorsqu'elle s'endort. Ainsi, pour en revenir à l'exemple que la lecture nous a déjà offert, ne nous est-il pas arrivé, en lisant, de concevoir une idée au moment où la perception s'endormait, et de cette idée découlait un flux d'idées nouvelles et variées. Si, secouant, par un dernier effort de la volonté, notre faculté de percevoir; si, réveillant nos sens endormis, nous reprenions la lecture au point où nous l'avions interrompue, avec quel étonnement n'avons-nous pas remarqué l'intervalle immense qui séparait nos idées de celles de l'auteur? Ainsi, nul doute, sous ce rapport, que la faculté de concevoir puisse veiller encore quand la faculté de percevoir est déjà endormie. Mais, que l'idée qui précède immédiatement le sommeil des sens ait fait peu d'impression, que le sommeil physique parfait empêche toute autre sensation, un moment viendra où le dernier anneau de la chaîne des idées conçues restera inattaché, et, jusqu'à ce que survienne une idée nouvelle, fruit d'une nouvelle sensation, la conception dormira.

Une objection facile à prévoir est la suivante : Si, dira-t-on, les idées sont innées ou filles de notre seul esprit, ne pourra-t-il pas arriver qu'une idée nouvelle survienne pendant le sommeil des sens, de manière à tenir la conception toujours éveillée! Cette hypothèse spécieuse tire sa plus grande valeur de l'impossibilité de démontrer, d'une manière absolue, le repos d'une faculté intellectuelle: et pourtant, déjà pendant la veille, il est impossible de prouver que le cours des idées ne subit jamais de temps d'arrêt. Or, pendant le sommeil, il arrive souvent qu'aucune manifestation n'indique la présence d'une idée, que la mémoire n'en garde aucun souvenir, qu'au moment du réveil on n'en ait aucune connaissance; et dès lors il faut bien croire qu'il n'en existait pas. D'un autre côté, quand les idées se succèdent, découlant d'une même source, leur enchaînement implique leur continuité; mais, dès que cette chaîne est interrompue, il y a discontinuité dans la conception, il y a temps d'arrêt : que cette suspension dure un temps plus court que l'esprit ne peut le concevoir, elle n'en aura pas moins existé; qu'elle se prolonge, c'est le sommeil, le repos de la faculté de concevoir.

Deux des facultés essentielles de l'âme sont donc susceptibles de repos, de sommeil, soit simultanément, soit isolément, soit en même temps que dorment les organes des sens, soit enfin après que ces organes se sont endormis; car il peut arriver, et cette assertion exprimée plus haut doit être démontrée, que la faculté de percevoir et celle de concevoir veillent encore, quand les sens se trouvent déjà plongés dans le sommeil.

V. Rappelons, pour quelques uns des sens, ce qui se passe au moment où ils s'endorment. Les impressions, faites par les corps extérieurs et devenues de plus en plus vagues, n'existent plus que par leur image, par les idées qu'elles ont fait naître. L'anneau premier de la chaîne des idées est bien loin, que la faculté de concevoir encore éveillée enchaîne de nouveaux anneaux, enfante de nouvelles images. Mais, comme la dernière impression a été transmise par un organe déjà affaibli par l'envahissement du sommeil; comme elle a été saisie par la faculté de percevoir déjà assoupie elle-même; comme enfin la conception, elle aussi, se trouve déjà amoindrie, il doit en résulter, et il en résulte effectivement, que les idées offrent moins de netteté, moins d'exactitude et de précision. Les organes des sens mal impressionnés ne transmettent qu'une sensation mal perçue et qui devient la source d'idées mal conçues; de là vient sans doute l'influence incontestable de l'état intermédiaire à la veille et au sommeil sur la production des *hallucinations*.

Cette influence résulte sans doute du sommeil imparfait de la faculté de percevoir, la faculté de concevoir persistant encore, mais ayant déjà perdu de son énergie, de sa netteté, de sa lucidité. On sait que le simple abaissement des paupières suffit quelquefois pour provoquer, chez des malades, des hallucinations de la vue : l'œil étant fermé, aucune nouvelle sensation n'est possible, mais la dernière image dont la conception a gardé l'empreinte devient l'anneau primaire d'une série d'hallucinations d'autant plus variées, d'autant plus persistantes que la faculté de concevoir sera plus énergique, celle de percevoir plus endormie, d'autant plus fantasques aussi que les sens seront moins capables de redresser les erreurs produites par l'illusion de l'esprit.

Toutes nos impressions sont transmises des extrémités nerveuses aux centres nerveux ; les causes qui les produisent portent leur action primitive sur les filets terminaux des nerfs, les seuls points sur lesquels elles puissent agir. Mais que, par une circonstance quelconque, la cause d'excitation se trouve en rapport, non plus avec la terminaison d'un nerf, mais avec sa partie moyenne, avec son tronc ou avec son origine dans les centres nerveux, chaque sensation n'en sera pas moins rapportée par notre esprit à cette partie du corps d'où elle devrait provenir, où aboutissent les ramifications terminales du nerf lui-même. Déjà, dans une autre partie de cet ouvrage, nous avons insisté sur les nombreux exemples qui démontrent la vérité de cette assertion. Qu'une impression ait donc son siége, non plus à l'extrémité d'un nerf de sensation spéciale, par exemple, mais sur le trajet de ce nerf, la perception qui en résultera donnera naissance à une image inexacte, à une conception fausse ; car la sensation sera rapportée à l'extrémité du nerf et attribuée à l'agent ordinairement en rapport avec cette extrémité. C'est ainsi que l'irritation du tronc du nerf optique par un instrument piquant, par l'électricité, procure la sensation d'un corps lumineux qui serait placé devant l'œil ; si la stimulation siége plus haut, si elle est produite dans certaines régions des centres nerveux, une sensation analogue n'en aura pas moins lieu, et la conception en sera d'autant plus étrange. On comprend de la sorte comment les congestions cérébrales peuvent donner naissance à mille images diverses, sources plutôt que produits du délire. Des malades ayant subi l'extirpation du globe de l'œil ont eu à souffrir, pendant la période inflammatoire, de la présence continuelle de fantômes lumineux (1). Les aveugles voient aussi quelquefois pendant le sommeil, mais ils ne voient que des objets qui ont frappé leurs yeux avant qu'ils eussent perdu la faculté de voir (2). Esquirol (3) a observé des hallucinations de la vue coïncidant avec l'atrophie des nerfs optiques, depuis l'œil jusqu'au chiasma.

Il est inutile d'ailleurs d'aller chercher, dans la pathologie, des preuves à l'appui de cette proposition, que le cerveau a la faculté de concevoir des sensations en l'absence de tout objet extérieur capable d'en produire. Les enfants, et surtout ceux qui présentent les attributs du tempérament sanguin, voient souvent, avant de s'endormir, des figures bizarres, terribles par leur étrangeté, grimacer devant eux, et leur imagination naturellement faible, d'ailleurs trop souvent bercée de contes fantastiques, reconnaît avec effroi dans ces visions les spectres, les fantômes dont on les a entretenus. Ils ont peur, la nuit de toutes parts les environne, sur leur couche innocente ils veulent fuir un ennemi inconnu ; en vain ils se retournent et s'agitent,

(1) LINCKE, *De fungo medullari oculi*. Leipsick, 1838.
(2) Voy. HERMANN. Dans *Journal mensuel d'Ammon*, 1838.
(3) *Des maladies mentales*, t. I.

se cachent sous leurs couvertures; en vain ils contractent leurs paupières appesanties, partout les fantômes les poursuivent, car ils les portent en eux-mêmes : c'est dans leur cerveau qu'en est la cause première, l'origine, en même temps que la conception, l'interprétation, l'imagination. Sans parler de l'enfance, dont les sensations ne sont plus pour nous qu'un vague souvenir, il arrive souvent à l'homme éveillé, et disposé à s'endormir, de voir dans l'obscurité des objets divers se dessiner devant ses yeux, apparaître comme une réalité à ses regards distraits. Aristote (1), Spinosa (2), Gœthe (3), Gruithuisen (4), et presque tous les auteurs qui ont écrit sur les rêves, ont mentionné cette circonstance. Mais, pour cela, il faut que l'œil, ouvert ou fermé, ne puisse rien voir des objets réels : c'est même le meilleur moyen de faire cesser ces visions que de regarder les objets qui nous entourent.

Ce qui se passe dans ces circonstances, cette perception d'impressions sans cause extérieure, cette conception imaginaire, ces visions, ces hallucinations expliquent un grand nombre de phénomènes qui semblent, au premier abord, tout à fait surnaturels.

Qu'un homme soit préoccupé au point que le monde extérieur n'existe plus pour lui ; que, pour un moment, presque toutes ses facultés soient inactives, comme dans le sommeil, il pourra arriver que ses yeux, ouverts en apparence, mais fermés en réalité, ne voient que les images subjectives, fantômes de son imagination. Ceci n'arrive pas la nuit seulement ; une idée qui nous absorbe, une crainte que nous éprouvons, une émotion pénible qui nous accable, peuvent aussi étendre un voile sur nos yeux, et nous mettre dans des conditions analogues à celles qui précèdent le sommeil : alors, où l'enfant verrait des spectres, l'homme, suivant ses pensées du moment, aura des apparitions désirées ou redoutées.

Toutes ces hallucinations du sens de la vue résultent incontestablement d'une impression produite sur un point quelconque des parties de l'encéphale consacrées à l'exercice de la vision. Ce sont des sensations sans cause matérielle, des sensations purement subjectives. Il en est de même de ces visions qui nous apparaissent pendant le sommeil parfait des sens, soit comme cause, soit comme effet de nos rêves.

Ce n'est pas seulement pour le sens de la vue que nous pouvons constater l'influence, sur le développement de nos idées, d'une impression perçue sans l'intermédiaire des parties extérieures de l'organe sensorial : le sens de l'ouïe nous en offre un exemple remarquable.

Il est une hallucination de ce sens, à laquelle un grand nombre de jeunes filles sont sujettes, ou plutôt il est un rêve commun à un très grand nombre de jeunes personnes dans des conditions particulières. Qu'on interroge des chlorotiques sur les rêves qui leur sont les plus habituels, et l'on sera étonné de la similitude extrême de leurs narrations. Toutes, ou presque toutes, se croyaient à la campagne, elles entendaient le doux murmure de l'onde, le bruit du vent à travers le feuillage ; et, sur ce thème uniforme, leur imagination compose d'innombrables variations dont l'origine, plus ou moins facile à retrouver, est toujours ce son en-

(1) *Traité des songes*, chap. III.
(2) *Opera posthuma*, epist. XXX.
(3) *Zur Farbenlehre*. Tübingen, 1810.
(4) *Physiognosie*, etc., p. 236.

tendu pendant le silence de la nuit, c'est-à-dire le souffle, le murmure musical, le chant de tourterelles, le bruit de diable produit par la circulation du sang chlorotique dans les artères du cerveau : c'est là ce bruit qui, sans l'intermédiaire des parties extérieures de l'organe de l'ouïe, est perçu par la région de l'encéphale destinée aux sensations auditives. Que la maladie, qui entretient le sang dans les conditions favorables à la production des bruits musicaux dans les artères, soit guérie, aussitôt les rêves changent de nature, et ne présentent plus ce caractère spécial qu'ils empruntent à leur cause particulière.

Nous venons d'indiquer seulement une forme des rêves dus au bruit artériel; il en est une foule d'autres qui paraissent avoir la même origine. Ainsi, c'est principalement chez les filles de la campagne que ce bruit fait rêver arbres et ruisseaux; aux jeunes personnes de la ville, il rappelle les douces mélodies ou les brillants concerts, il leur fait entendre les chœurs des anges, les hymnes des saints, comme les impressions lumineuses représentent quelquefois aux esprits religieux les auréoles divines ou les feux de l'enfer.

Sans doute il serait possible de suivre, à travers la plupart des rêves, l'impression subjective ou objective qui leur a donné naissance : mais il faudrait donner à ce sujet des développements que ne comporte point la nature de cet ouvrage. Il suffit que nous ayons, par des exemples pris dans les phénomènes de tous les jours, indiqué comment surgissent quelques unes des idées qui nous occupent pendant le sommeil ; comment, dans ces circonstances, et par quel mécanisme quelque chose arrive dans notre intelligence sans passer d'abord par nos organes sensoriaux.

En poursuivant notre analyse des phénomènes du sommeil dans l'ordre intellectuel, nous trouvons un état dans lequel une idée unique absorbe toutes nos facultés, tout notre être : cet état, qui, chez l'homme éveillé, constitue l'extase, est, pendant le sommeil, l'expression de l'assoupissement de certaines facultés, tandis que d'autres restent encore inassoupies. De là viennent les songes qui coïncident avec des idées abstraites. L'imagination veille, la mémoire et le jugement aussi, toutes les autres facultés étant plongées dans le sommeil. De même que notre conception peut, pendant le rêve, s'exercer sur des sensations éprouvées pendant la veille, de même les idées rêvées peuvent n'être, en quelque sorte, que la suite des idées éveillées ou peuvent en être entièrement distinctes. D'où viennent ces songes? comment se succèdent-ils? comment finissent-ils? A ces questions nous ferons une seule réponse qui sera aussi la seule explication que nous donnerons sur ces manifestations de l'intelligence. Pendant l'état de veille, nous l'avons déjà vu, une idée naît dans notre cerveau ; elle s'y développe jusqu'à ce qu'une autre idée, produite par ses propres transformations, ou résultant des objets extérieurs, vienne prendre sa place. Pendant l'état de sommeil, une idée séjourne dans le cerveau et s'y élabore, sans qu'elle puisse être remplacée par une autre ayant sa raison d'être dans les corps extérieurs ou dans nos sensations : aussi est-il facile de comprendre qu'elle pourra acquérir des développements d'autant plus parfaits, atteindre des proportions d'autant plus étendues, une lucidité d'autant plus complète, qu'aucune image étrangère ne viendra lui disputer le champ de l'intelligence où elle règne sans partage. Quand une pensée nous occupe profondément, elle amène presque toujours un état analogue à celui que nous trouvons dans cette forme du sommeil, une sorte d'état extatique pendant lequel le monde réel, l'univers des sensations n'existe plus pour nous; seule elle nous

possède, car la matière est dominée par la pensée, le corps par l'esprit, l'individu par la pensée qui est en lui, mais qui n'est pas lui, et à laquelle il ne peut se soustraire, quoi qu'il fasse. Il en est à peu près de même quand une passion violente nous aveugle, elle seule régit alors tout notre être : sensations, pensées, raison, volonté, rien n'existe plus quand la passion a acquis un certain degré de violence. Il se passe là ce qui a lieu dans le sommeil où toutes nos facultés peuvent se concentrer en un point. Aussi, que de prodiges de l'esprit humain nous verrions se produire, si tous nos rêves, ces enfants privilégiés de notre imagination, ne s'effaçaient pas presque toujours de notre mémoire, en n'y laissant qu'une trace éphémère ! Et déjà maintenant nous devons au sommeil des œuvres dont serait fier le génie éveillé : c'est pendant le sommeil que Cardan a composé un de ses ouvrages, que Condillac a souvent achevé son travail (1) ; Voltaire refit complétement en rêve, et mieux qu'il ne l'avait composé étant éveillé, l'un des chants de *la Henriade* (2) ; des mathématiciens ont souvent pu résoudre, en dormant, des problèmes qui avaient échappé aux investigations de leur esprit éveillé (3). La physiologie elle-même a soulevé les coins de son voile pour Burdach endormi. « Le 17 juin 1822, raconte cet auteur, en faisant la méridienne, je rêvai que le sommeil, comme l'allongement des muscles, est un retour sur soi-même qui consiste dans une suppression de l'antagonisme : tout joyeux de la vive lumière que cette pensée me paraissait répandre sur une grande masse de phénomènes vitaux, je m'éveillai ; mais aussitôt tout rentra dans l'ombre, parce que cette vue était trop en dehors de mes idées du moment ; mais elle est devenue le germe de vues qui depuis se sont développées dans mon esprit (4). »

C'est surtout la poésie qui souffle pendant le sommeil ses inspirations les plus belles. Il n'est pas de poëte qui n'ait rêvé ses vers, et souvent les meilleurs ; il n'est pas d'esprit cultivé dont les discours n'aient pris en rêve une teinte vague de poésie. Je connais une dame qui, douée d'un esprit distingué et ouvert à toutes les nobles pensées, n'avait jamais pu, étant éveillée, rendre en vers la moindre idée poétique, et qui m'a assuré que, pendant ses rêves, elle avait très souvent composé des pièces de poésie qui, nées dans les songes, s'évanouissaient comme eux.

Si nous continuons à analyser le sommeil intellectuel, nous trouverons toujours et partout cette circonstance importante, sur laquelle nous avons déjà insisté, que le sommeil, en arrivant, annihile tout d'abord la solidarité qui existe normalement entre les diverses facultés, qu'il les fait vivre isolément de leur vie propre, jusqu'à ce qu'il les domine toutes au profit d'une seule, et peut-être même au profit exclusif des fonctions de la vie végétative. Nous avons assisté au sommeil de la sensation, de la conception ; nous avons vu l'imagination exaltée par le sommeil des autres facultés. Mais que le sommeil fasse des progrès, et bientôt l'imagination aussi s'endort, comme il arrive dans ce sommeil profond que ne trouble aucun rêve, ou comme on le voit encore chez ceux dont l'esprit, peu cultivé, est absorbé par la matière. Dans ces conditions, en effet, il n'y a plus de rêves, l'esprit dort, et, s'il n'est pas possible de démontrer positivement ce sommeil, c'est que

(1) *Dict. des sc. méd.*, t. XLVIII, p. 261.
(2) *Dict. philos.*, art. RÊVES.
(3) V. CARUS, *Psychologie*, t. II, p. 208.
(4) BURDACH, *Traité de physiol.*, t. V, p. 213.

l'absence de rêves est un état négatif non susceptible d'être prouvé. Il ne nous paraît donc pas exact d'établir, avec Jouffroy (1), les propositions suivantes : « Le fait que l'esprit veille quelquefois, pendant que les sens dorment, est établi ; le fait qu'il dorme quelquefois avec eux ne l'est pas ; les analogies sont donc pour qu'il veille toujours. »

De cette circonstance, qu'on peut fournir en certains cas la preuve de la veille de l'esprit coïncidant avec le sommeil des sens, il résulte que, très probablement, le contraire a lieu quand cette preuve ne peut pas être fournie, c'est-à-dire que le sommeil envahit à la fois et les sens et l'esprit. Sans doute, ce n'est pas en même temps et au même degré que se produit l'assoupissement dans notre être : il s'empare successivement de certains sens, de certaines facultés, abandonnant les uns pour attaquer les autres ; mais il est incontestable qu'il domine à certains degrés, en certains moments, certaines facultés intellectuelles. Pour nier cette vérité, il faut ne pas admettre la vérité la plus vulgaire, le sommeil même des sens.

Jouffroy (2), pour prouver que l'esprit veille toujours, s'est vu obligé de poser en principe : « 1° que les sens seuls *s'engourdissent* dans le sommeil ; 2° que plusieurs de nos sens continuent de transmettre à l'esprit les sensations imparfaites qu'ils reçoivent ; 3° que l'esprit juge des sensations, et que c'est en vertu de ses jugements qu'il éveille les sens ou ne les éveille pas ; que la raison pour laquelle l'esprit éveille les sens, c'est que la sensation tantôt l'inquiète, parce qu'elle est inaccoutumée ou pénible ; tantôt l'avertit qu'il doit éveiller les sens, parce qu'il est le signe connu du moment où il doit le faire. »

Dans la première de ces propositions, on voit d'abord que les sens ne feraient que s'engourdir dans le sommeil. Or, si l'engourdissement est la même chose que le sommeil, cette proposition est inutile ; si c'est autre chose, si c'est un degré moindre, elle est fausse : dans le sommeil des sens, les sens dorment.

En second lieu, tous nos sens ne participeraient pas également à cet engourdissement, car les uns seraient fermés comme les yeux, les autres à demi engourdis comme le tact et l'ouïe (3) ; ce qui nous amènerait directement à conclure que certains sens sont, d'après Jouffroy, comme l'esprit, non susceptibles de dormir. Cette analogie existe effectivement entre les sens et l'esprit ; mais nous l'exprimons de la manière inverse, en disant que l'esprit est, comme les sens, sujet à s'endormir.

D'après la troisième proposition, l'esprit, après avoir jugé des sensations, éveillerait les sens ou ne les éveillerait pas ; mais, pour qu'une sensation arrivât à l'esprit, il fallait bien que les sens ne fussent pas endormis : comment les éveillerait-il ? Il y a, dans cette proposition, un cercle vicieux. Comment Jouffroy pouvait-il admettre qu'une sensation arrivât à l'esprit à travers les sens endormis? Comment, s'ils n'étaient pas endormis, l'esprit pouvait-il ensuite les éveiller?

Ce philosophe a donc été trop loin, lorsqu'il a prétendu que, pendant le sommeil, l'esprit ne dormait jamais. Il a été dans le vrai, quand il a dit : « L'esprit travaille toute la journée comme le corps ; mais, quand vient la nuit, il se sent fatigué comme son compagnon, et, convié au repos par l'assoupissement des organes qui l'entou-

(1) *Nouv. bib. méd.*, 1827, t. II, p. 354.
(2) *Rec. cit.*, p. 361.
(3) *Rec. cit.*, p. 358.

rent, il se dépouille de la volonté, comme l'esclave de ses chaînes, et s'abandonne à sa libre nature (1). »

La dernière partie de cette conclusion est conforme à celle que Maine de Biran (2) a tirée de propositions différentes : « Le sommeil, dit-il, ne peut consister que dans la suspension de l'état d'effort, c'est-à-dire de l'action présente d'une volonté ou force motrice sur les organes qui lui sont soumis. »

Le sommeil de l'esprit n'est, pour Jouffroy, que la suspension de l'attention ; pour Maine de Biran, il consiste dans la suspension de la volonté, dont l'attention n'est qu'un mode d'exercice. Un fait certain, c'est que la volonté, cette faculté de décider et d'agir après avoir jugé, dort très souvent pendant le sommeil. L'étrangeté de nos songes, l'oubli rapide qui les suit, la passivité avec laquelle nous les subissons, l'ignorance où nous restons des actes accomplis pendant le sommeil, le défaut de conscience, sont autant de circonstances qui viennent prouver que la volonté peut dormir comme les autres facultés. Est-ce à dire que le sommeil ne soit dans l'âme, dans l'esprit, que la suspension de la volonté? Non, sans doute, car 1° la volonté peut être suspendue en l'absence du sommeil; 2° elle peut persister pendant que toutes les autres facultés sont engourdies, endormies.

La volonté peut être suspendue en l'absence du sommeil : quand nous laissons nos pensées errer à l'aventure ; quand, rêveurs éveillés, nous bâtissons, avec l'aide de notre imagination et sur le sol du caprice, des *châteaux en Espagne ;* quand, esclaves d'une passion violente, nous sommes entraînés par elle, qu'en proie à la colère, par exemple, nous sommes dominés par ce sentiment, notre volonté est suspendue, mais nous ne dormons pas. Si le caractère du sommeil intellectuel était précisément la suspension de la volonté, quelle différence y aurait-il entre le sommeil et cet état dans lequel la volonté est suspendue par l'action qu'exercent sur le cerveau les boissons alcooliques, ou bien entre le sommeil et le délire ?

Sans doute, elles sont nombreuses et grandes les analogies qui rapprochent ces différents états, mais elles sont bien loin encore d'établir entre eux une similitude complète. Et d'ailleurs, ce ne serait pas seulement le sommeil intellectuel qui dépendrait de la suspension de la volonté, puisque, pour Jouffroy, l'esprit ne peut pas dormir ; ce serait le sommeil même pour Maine de Biran, et les phénomènes physiques du sommeil n'en seraient qu'une manifestation.

La volonté peut persister pendant le sommeil de toutes les autres facultés : les preuves à l'appui de cette proposition se présentent en foule. C'est une vérité vulgaire qu'il suffit de *vouloir* pour s'éveiller à une heure convenue, l'âme mesurant alors le temps et réveillant les sens au moment opportun ; c'est chose curieuse assurément que de voir cette volonté de rompre le sommeil persister pendant le sommeil même jusqu'à l'heure fixée d'avance. A quelle cause attribuer le facile réveil de la mère au moindre soupir de son enfant? En vain le bruit de la rue retentit dans l'air, les cris des passants ébranlent son oreille ; en vain la foudre gronde et éclate, elle dort. Mais un léger souffle a fait vibrer les lèvres de son enfant, ou bien il s'est agité dans son berceau, et aussitôt elle s'éveille : elle a entendu ce souffle, ce mouvement, car elle était attentive, elle *voulait* entendre. Le

(1) *Rec. cit.*, p. 368.
(2) *Œuvres philos.*, t. II, p. 221.

corps peut dormir, l'âme peut sommeiller; mais il ne dort ni ne sommeille l'amour d'une mère pour son enfant.

Dans *le cauchemar*, nous pouvons sentir en nous-même la persistance de notre volonté pendant le sommeil : il nous a été probablement donné à tous de sentir, et bien péniblement, l'isolement de la volonté au milieu d'autres facultés endormies. Lorsqu'après des veilles prolongées et de grandes fatigues corporelles, il nous est enfin permis d'aspirer au sommeil, il arrive souvent que l'imagination surexcitée amène des visions en rapport avec nos dernières sensations, et par conséquent pénibles. Nous voyons des objets hideux et redoutés se présenter à nous; nous nous trouvons sur le bord d'un abîme; nous nous sentons menacés d'un danger pressant, nous *voulons* fuir, nous sentons que nous avons cette volonté, mais le reste de notre individu dort d'un si profond sommeil, que notre volonté n'est pas capable de l'éveiller. Une lutte s'engage alors, douloureuse, pénible, entre la matière et l'esprit, entre la force d'inertie du sommeil qui engourdit notre corps et notre volonté qui lui ordonne de s'éveiller; et, lorsque cette lutte a suffisamment duré, elle se termine presque toujours par un réveil complet: nous sentons alors notre corps et notre esprit anéantis par ce combat, dont nous avons été à la fois spectateur, acteur, théâtre, et dont nous restons victime.

On aurait tort de croire qu'il y a cauchemar seulement lorsque l'estomac est rempli, ou quand il y a gêne de la circulation dans les gros vaisseaux : sans doute, ce sont là des causes de cauchemar, mais il en est d'autres qui dépendent exclusivement du système nerveux, de l'imagination. Ce n'est même pas un cauchemar véritable que cet effroi éprouvé souvent par les asthmatiques et les gens affectés de maladies de cœur; car, en réalité, il y a chez eux, pendant le sommeil, un commencement d'asphyxie. S'ils crient qu'ils étouffent, ils ne se trompent pas : ils éprouvent bien positivement une sensation qui les avertit du trouble matériel de la circulation ou de la respiration. Prétendre, avec Maine de Biran, que, dans le cauchemar, il y a seulement désir violent et non volonté d'échapper à la douleur qu'on éprouve, c'est changer seulement les mots pour exprimer un même fait. Un désir violent n'est autre chose que l'aspiration de notre volonté vers un but qu'elle n'atteint pas encore; pour que le désir violent existe, il faut de toute nécessité que la faculté de vouloir ne soit pas assoupie dans cet instant, il faut qu'elle ne dorme pas.

De tout ce qui précède, il résulte que chaque faculté intellectuelle, comme chaque organe ou comme chaque partie du corps, est susceptible de dormir d'un sommeil particulier, soit seule, soit en même temps que d'autres facultés plus ou moins voisines.

VI. De l'assoupissement simultané de certaines facultés intellectuelles importantes, coïncidant avec l'état de veille d'autres facultés et de certaines parties du corps, résulte un état particulier, bizarre, étrange, auquel on a imposé le nom de *somnambulisme*.

Nous avons vu, dans le cauchemar, la volonté donner au corps des ordres qui restaient inexécutés; nous voulions fuir, et nos jambes refusaient de se mouvoir; nous voulions saisir un objet, mais nos bras appesantis n'obéissaient pas à notre volonté. Qu'on se représente un homme paralysé de tous ses membres, menacé d'un

grave danger et rendu muet par l'effroi qu'il éprouve : tel il est en présence d'un péril réel, tels nous sommes sous le poids du cauchemar. Supposons un instant que nos membres obéissent à notre volonté, sans que nos sens soient éveillés ; alors nous pourrons, pendant le sommeil même de ces derniers, accomplir des actes nombreux, par la seule influence de la volonté éveillée sur quelques parties du corps, sur les agents du mouvement en particulier. C'est ce qui arrive fréquemment chez de jeunes sujets. Les enfants, surtout ceux qui sont irritables, se lèvent souvent la nuit, ou exécutent dans leur lit des mouvements variés, sans que d'ailleurs leur sommeil en soit interrompu. Que les organes de la voix soient éveillés, et ils traduiront les pensées de nos rêves : c'est ainsi que des milliers de personnes ont l'habitude de rêver tout haut. Il peut arriver à ces individus, et nous en avons des preuves très nombreuses, de soutenir pendant quelque temps la conversation avec des personnes éveillées ; mais il faut qu'on soit entré dans l'esprit de leurs rêves, car les réponses qu'ils font sont adressées, non pas à leur interlocuteur réel, mais à leur interlocuteur idéal, au personnage de leur rêve. Qu'arrive-t-il dans cette circonstance? Presque toutes les facultés intellectuelles sont éveillées, tandis que la plupart des organes des sens et du mouvement dorment encore. Aussi, la voix elle-même n'a-t-elle pas alors sa netteté accoutumée, elle est lente et difficile; la langue paraît lourde; les paroles sont traînantes, entrecoupées, souvent interrompues et souvent répétées, parfois étranges et tout à fait opposées à l'idée qu'elles doivent rendre ; le bégaiement est chose assez habituelle dans cet état, et il paraît être autant dans l'esprit que dans la voix. Les paroles de l'interlocuteur éveillé sont imparfaitement entendues, ou du moins elles ne sont pas de nature à mettre en exercice et à diriger la conception de l'individu endormi; et la preuve en est dans ce fait, que les réponses ne varient pas suivant la volonté de la personne éveillée, mais qu'elles se rapportent exclusivement aux pensées du rêve. Pour faire changer d'idées au rêveur, il faut l'éveiller; pour s'entretenir avec lui, il faut nécessairement entrer dans l'esprit de son rêve. Il n'appartient donc pas à l'homme éveillé de diriger les pensées de l'homme endormi, il ne peut le faire qu'en troublant à la fois, dans leur sommeil, presque toutes les facultés physiques et intellectuelles, en réveillant l'esprit par l'entremise des sens. S'identifier des sensations, individualiser le monde extérieur en soi, est une faculté qui exige que les rapports entre le monde extérieur et l'esprit, ce monde intérieur, ne soient pas interrompus; et, pendant les rêves des somnambules, l'esprit, isolé des sens, vit en lui-même concentré dans sa sphère propre.

Il importe en effet de noter que le monde extérieur n'a aucune influence sur les actes des somnambules, dont le corps, instrument docile de leur volonté, ne réagit pas sur l'esprit, à moins d'être assez violemment excité pour que le réveil survienne. Ils ont une volonté dont l'accomplissement seul les occupe assez vivement pour leur permettre de vaincre des obstacles dont ils n'ont pas conscience, mais pas assez énergiquement pour amener le réveil parfait.

Sans ajouter une foi entière aux récits exagérés des merveilles du somnambulisme, nous ne saurions nous refuser à admettre l'exactitude de faits scrupuleusement observés et qui se concilient parfaitement avec les phénomènes ordinaires du sommeil, avec les explications rationnelles qui précèdent. Il est même bien possible que la concentration de toutes nos facultés en une seule puisse se traduire, chez le somnambule, par des actes difficiles à réaliser pendant la veille ; mais gar-

dons-nous d'oublier que l'amour du merveilleux a de tout temps grossi à plaisir l'étrangeté des phénomènes incompris.

Cette réflexion nous est dictée par la nécessité où nous nous trouvons de dire un mot du somnambulisme artificiel ou *magnétisme animal*. Placé entre l'incrédulité ignorante qui nie tout, parce qu'elle n'a rien vu, et la foi aveugle qui admet tout, parce qu'elle ne réfléchit sur rien, ou parce qu'elle a tout vu par les yeux et rien par l'intelligence, nous émettrons notre sentiment avec une pleine franchise, de même que nous avons mis un vif empressement à être témoin des phénomènes dits magnétiques.

Le caractère essentiel du sommeil, avons-nous dit souvent, est de pouvoir rompre la solidarité qui existe habituellement entre les diverses parties du corps, entre les diverses fonctions, entre les diverses facultés de l'âme. Pendant le sommeil, chacune de ces parties, chacune de ces facultés semble concentrer en elle-même la force qui lui est propre, s'isoler de toutes les autres, de même que le corps s'isole du monde extérieur par le repos des sens.

Or, s'il était possible d'endormir à volonté un organe, un sens, une faculté, ce sommeil partiel ne pourrait-il pas s'accorder avec la veille du reste du corps, du reste des facultés intellectuelles? Les faits répondent affirmativement à cette question. La belladone, par exemple, endort les muscles avec lesquels on la met en contact; les boissons alcooliques, à certaines doses, endorment quelques facultés intellectuelles; la fatigue endort les sens.

Les passes magnétiques, le regard du magnétiseur n'agiraient-ils que comme des moyens propres à fatiguer le sens de la vue, et à amener le sommeil comme résultat de cette fatigue? C'est ainsi que, pour endormir son enfant, une mère lui chante des nocturnes, de ces chansons qui, monotones par le rhythme et par les sons, font entrer le sommeil par les oreilles. Bien souvent ce qui concentre l'attention sur un seul point, ce qui n'agit que sur une fibre de notre cerveau, fatigue et endort: tel est peut-être le seul moyen d'action du regard fixe et immobile du magnétiseur pour provoquer le sommeil.

Mais ce sommeil, semblable à celui que la belladone produit dans les muscles, n'influencera pas simultanément tous les organes, toutes les facultés; certaines facultés dormiront, d'autres restant éveillées, et alors on pourra voir survenir, chez des sujets naturellement disposés, les phénomènes ordinaires du somnambulisme spontané. Chez quelques individus nerveux, la concentration de toutes les facultés, de toutes les forces, amènera une sorte d'extase, une véritable attaque de catalepsie. Mais dans ces phénomènes, plutôt pathologiques que physiologiques, dans ces manifestations d'excessive irritabilité d'un système nerveux malade, il n'est rien de surnaturel, rien qui fasse sortir l'homme de l'étroite sphère dans laquelle il gravite.

Dans ces limites, on peut admettre l'existence du magnétisme animal; on la comprend, on arrive presque à l'expliquer.

Si le sommeil provoqué ne répond pas à un besoin de la nature, le but final du sommeil (la réparation) n'existant pas, les facultés intellectuelles pourront se manifester d'autant plus brillantes, d'autant plus vives, qu'elles seront libres des chaînes de la réalité, libres dans le monde de l'esprit. Mais ce qu'elles pourront avoir gagné en étendue, elles l'auront perdu en justesse; elles resteront dans le

vague. De nouvelles facultés pourront-elles se former, de nouveaux sens se développer ou se déplacer? Le pouvoir de l'homme pourra-t-il aller jusqu'à donner à d'autres ce qu'il ne possède pas lui-même? L'esprit humain, si faible parce qu'il n'a d'autres instruments que ses organes si bornés, pourra-t-il, se débarrassant de ses entraves terrestres, s'étendre jusqu'à l'infini, etc. ? A ces questions il ne faut pas de réponse : quand la foi dit oui, et que la raison répond non, chacun doit rester juge et prononcer lui-même et pour lui seul.

DE LA GÉNÉRATION.

La génération est la fonction par laquelle les êtres vivants se reproduisent. C'est par elle que les animaux créés se perpétuent et que leurs espèces se conservent.

Cette fonction s'accomplit, dans l'espèce humaine, à l'aide d'une série d'actes dans lesquels les deux sexes interviennent. C'est de la même manière, c'est-à-dire à l'aide de deux sexes, que se reproduisent un grand nombre d'animaux, soit que leurs sexes restent séparés et distincts comme chez l'homme, soit qu'ils se trouvent réunis chez un seul individu, lequel peut alors remplir à la fois le rôle du mâle et celui de la femelle.

Mais, chez plusieurs autres êtres, dont l'organisation est moins parfaite, il n'y a pas de sexes. L'individu unique, qui dans ce cas constitue l'espèce, peut se reproduire par des œufs ou des spores, susceptibles de se développer d'eux-mêmes; par des gemmes ou bourgeons, qui se développent en partie avant de se détacher de la mère; ou même par la scission d'une partie du tout, plus ou moins considérable, et qui se complète pendant ou après l'acte de sa séparation. Ces trois modes coexistent chez certains êtres inférieurs, et même, à ce qu'il paraît, se rencontrent quelquefois chez des animaux dont les sexes sont distincts.

On a admis enfin, mais sans preuves suffisantes, que plusieurs animaux, surtout les plus inférieurs, peuvent se créer de toutes pièces. On a cru que l'assemblage d'atomes inorganiques, ou de particules provenant d'êtres organisés, morts ou vivants, pouvait donner naissance à des animaux, variables de forme et de structure suivant les circonstances; ne provenant pas, comme les autres, de parents semblables à eux; susceptibles, en un mot, de se former *spontanément*, partout où se trouveraient réunies des conditions favorables à leur développement.

Il convient d'examiner d'abord ce qu'il faut penser de cette hypothèse, et comment il faut interpréter les faits et les expériences qu'on a invoqués en sa faveur. Nous dirons ensuite quelques mots des divers modes de reproduction; puis, nous décrirons avec détails tous les phénomènes du mode de reproduction propre à l'espèce humaine.

DE LA GÉNÉRATION SPONTANÉE.

On doit entendre par *génération spontanée*, ou par les expressions équivalentes de génération *primitive*, *primigène*, *originaire*, *directe*, *équivoque*, d'*hétérogénie* (Burdach), de *spontéparité* (Dugès), « toute production d'être vivant, dit Burdach (1), qui, ne se rattachant ni pour la substance, ni pour l'occasion, à des

(1) *Traité de physiologie*, trad. de Jourdan, t. I, p. 8.

individus de la même espèce, a pour point de départ des corps d'une autre espèce et dépend d'un concours d'autres circonstances. C'est la manifestation d'un être nouveau et dénué de parents, par conséquent une génération primordiale, une création. Nous la reconnaissons, ajoute le même physiologiste, partout où nous voyons paraître un corps organisé, sans apercevoir un autre corps de même espèce dont il puisse procéder, ou découvrir dans celui-ci aucune partie apte à opérer la propagation. »

Aujourd'hui, d'après les expériences que nous citerons plus tard, il semble absurde de soutenir que de la matière inorganique puisse naître spontanément un être organisé, et de renouveler ainsi la fameuse hypothèse des atomes d'Épicure. Aussi, la plupart des partisans actuels de la génération spontanée pensent-ils que c'est seulement de la matière organisée que peuvent naître de nouveaux animaux; soit qu'ils se créent dans des corps organisés morts et en décomposition, soit qu'ils prennent naissance dans l'intérieur des corps vivants. Le plus grand nombre borne même à ce dernier cas la possibilité de la génération spontanée: car, pour les infusoires, la question paraît plus avancée que pour les entozoaires, chez la plupart desquels, d'ailleurs, on a pu aussi saisir un autre mode de génération. Mais, avant d'entrer dans l'examen de ces faits, il est bon de présenter un tableau des vicissitudes par lesquelles a passé cette supposition, et de la carrière qu'elle a fournie dans la science avant d'arriver jusqu'à nous.

Loin d'être nouvelle, la doctrine des générations spontanées remonte à la plus haute antiquité; on peut même dire qu'elle fut une erreur généralement répandue chez les anciens. Épicure, on le sait, prétendait que la terre avait tout produit. Aristote (1) n'allait pas si loin, mais il disait encore que « tout corps sec qui devient humide, et tout corps humide qui se sèche, produit des animaux, pourvu qu'il soit susceptible de les nourrir. » Ainsi, il faisait provenir plusieurs poissons du limon ou du sable (2); les chenilles, ces petits vers qui se transforment en animaux volants, des feuilles vertes, et notamment des feuilles de chou (3); les poux, de la chair (4); les puces, de la fermentation des ordures (5); les vers, de la chair corrompue et du fromage, etc. En un mot, tous les animaux dont la génération lui était inconnue, il les faisait naître des endroits où on les trouve. Il attribuait la puissance formatrice à la chaleur, à l'air, à l'humidité, jouant le même rôle que les humeurs et la chaleur animale dans la génération par sexes. Avant lui, et même longtemps après, on attribuait encore à la terre la formation des serpents, des rats, des taupes; à la boue des étangs, celle des grenouilles et des anguilles; à la carcasse d'un bœuf ou d'un autre animal, celle des abeilles; aux fruits véreux, aux bois, aux viandes pourries, celle des vers, des mouches et de divers insectes. Cette idée de la création journalière d'êtres vivants venus de la corruption, née à l'origine même de la philosophie, est souvent exprimée par les anciens et se trouve reproduite dans un grand nombre de leurs ouvrages.

Mais, comme il sera facile de le démontrer, à mesure qu'on a approfondi la question, on a vu la plupart des cas présumés de génération spontanée s'expliquer

(1) *Histoire des animaux*, trad. de Camus, t. I, p. 313. Paris, 1783.
(2) *Ouv. cit.*, p. 363.
(3) *Ouv. cit.*, p. 287.
(4) *Ouv. cit.*, p. 311.
(5) *Ouv. cit.*, p. 309.

l'un après l'autre d'une manière plus naturelle, et rentrer successivement dans la règle commune.

C'est seulement au XVIIe siècle que des idées vraies, sur ces générations douteuses, commencèrent à se substituer aux erreurs des anciens. Un si grand progrès fut dû à la fameuse Académie *del Cimento*, qui ne dura que neuf années, mais se rendit immortelle.

Redi, l'un des illustres membres de cette Académie, démontra à l'aide de nombreuses expériences sur la génération des insectes, que les vers ne naissent pas spontanément des chairs putréfiées. Ayant recouvert d'une gaze des viandes en voie de putréfaction, Redi remarqua qu'il ne s'y développait plus de vers, mais il vit les mouches, attirées par l'odeur, venir voltiger autour d'elles et pondre leurs œufs sur la gaze même, dans les points les plus rapprochés de la chair qu'elles ne pouvaient atteindre. Le mérite de ces expériences nous échappe aujourd'hui, parce que nous ne concevons pas que la corruption puisse engendrer un animal parfait comme un insecte ; mais leur importance était grande, il y a deux siècles. L'expérience que Redi avait faite sur la viande, en la mettant dans des vases clos ou la recouvrant de gazes très fines, il la répéta avec un pareil succès pour le fromage et pour plusieurs autres matières qui donnaient lieu à contestation, et dès lors il fut évident, pour tous les bons esprits, que c'étaient les insectes et non les matières corrompues qui produisaient les vers.

Telle était la conclusion de cet observateur (1) : car il dit que « les vers qui naissent dans les chairs y sont produits par les mouches et non par ces chairs mêmes. »

Redi (2) fut aussi le premier à démontrer que, chez les entozoaires eux-mêmes, ou, comme il les appelle, chez les animaux qui vivent dans d'autres animaux, on trouve, comme pour tous les autres, des mâles, des femelles et des œufs; qu'en un mot, chez eux, la génération ne s'effectue pas d'une manière différente de celle qu'on observe communément.

Cependant Redi, tout en dévoilant et détruisant de nombreuses erreurs, en commet lui-même quelques autres : il semble admettre, par exemple, mais à regret, que les animaux des galles d'arbres pourraient bien venir par génération spontanée.

Valisnieri (3) continua Redi, en découvrant la génération par sexes chez plusieurs autres insectes, notamment les œstres ; de plus, il fit pour les entophytes, c'est-à-dire les larves vivant au sein des végétaux, ce que Redi avait fait pour les entozoaires.

Mais c'est Swammerdam (4) qui nous a révélé le plus de merveilles sur la génération des insectes : après avoir si bien observé et décrit leurs métamorphoses, on conçoit qu'il ne pouvait pas admettre leur formation spontanée.

Plus tard, Réaumur popularisa les belles découvertes de Redi, Valisnieri, Swammerdam. « Pour ce qui est notamment des fruits véreux, il y a deux cents ans, dit Réaumur (5), qu'on n'avait point surpris dans leur opération ces mouches

(1) *Esperienze intorno alla generazione degl'insetti*, 1668. trad. de la collection académique, t. IV, p. 420.

(2) *Osservazioni intorno ali animali viventi che si trovano negli animali viventi*, 1684.

(3) *Dialogi fra Malpighi e Plinio intorno la curiosa origine di molti insetti*. Venise, 1700.

(4) *Biblia naturæ seu historia Insectorum*; trad. franç.; dans *Collect. acad.*, t. V, *part. étrang.*

(5) *Lettres à un Américain*, lettre 6, p. 46.

qui déposent leurs œufs dans les fruits; et quand on voyait un ver dans une pomme, c'était la corruption qui l'avait engendré. Maintenant il est bien prouvé, au contraire, que le ver est la cause de la corruption du fruit. »

On verra bientôt que vers la même époque où Redi, Swammerdam et Valisnieri portaient les premiers coups à l'hypothèse des générations spontanées, Harvey concluait, de ses nombreuses observations, son axiome devenu si fameux depuis : « *omne vivum ex ovo.* » Cependant, par ces paroles, Harvey n'entendait pas dire autre chose, sinon que les mammifères viennent d'un œuf, comme les oiseaux. C'était, sans doute, un très beau résultat de ses recherches d'établir que les vivipares étaient au fond ovipares. Mais Harvey ne connaissait pas la génération des animaux inférieurs, notamment celle des insectes : or, c'était surtout et presque exclusivement pour ces animaux qu'existait l'erreur des générations équivoques; c'était là qu'il fallait la combattre, et Redi, le premier, avait entrepris cette tâche avec bonheur.

La production, quelquefois si prodigieuse, des poux sur le corps de l'homme et de divers autres animaux, était, pour ainsi dire, le dernier retranchement derrière lequel se fussent réfugiés les partisans de la génération primitive. Aujourd'hui, on sait trop qu'elle ne sort pas de la règle commune, pour que les fauteurs de l'hétérogénie puissent admettre ce mode de reproduction chez ces animaux et chez les espèces qui s'en rapprochent. « Les acariens, dit Dugès (1), qu'on trouve quelquefois en parasites chez l'homme, dans la gale (*sarcoptes*), pouvant passer d'un individu à un autre et se multipliant avec rapidité, comme le prouvent ceux qui fourmillent sur les oiseaux et les insectes (*dermanysses et gamases*), ne peuvent être attribués à une génération spontanée, plus rationnellement que les insectes parasites, les poux de la tête ou du pubis, qui certainement ne s'engendrent pas d'eux-mêmes, mais dont la propagation est singulièrement favorisée par la malpropreté et l'incurie. »

Après les travaux du XVIIe siècle, dont nous avons parlé, il semblait qu'on ne pouvait plus admettre de création fortuite. Mais l'esprit humain est comme fatalement entraîné à se répéter lui-même, et les erreurs reparaissent avec le temps comme les vérités; aussi, quand cette vieille hypothèse des générations spontanées paraissait crouler de toutes parts, une magnifique découverte vint lui prêter un nouvel appui. Avec le microscope, Leeuwenhoek (2) découvrait en 1675 les *animaux* invisibles à l'œil nu, et pour cela nommés *microscopiques*, dans les eaux pluviales, dans le sperme et dans d'autres liquides. Plus tard Needham (3) montrait que, si la putréfaction ne produit pas d'insectes, elle fait du moins naître, dans toutes les infusions renfermant des matières en décomposition, de petits animalcules jusqu'alors inconnus, mais qui furent aussitôt l'objet de mille recherches, et que Wrisberg (4) désigna, pour la première fois, en 1765, sous le nom d'*infusoires*.

Si l'on verse, en effet, de l'eau sur des substances animales ou végétales, et si l'on expose le tout à une douce température et à l'influence de l'air et de la lumière,

(1) *Traité de physiologie comparée de l'homme et des animaux.* Montpellier, 1839, t. III, p. 206.

(2) *Anatomia et contemplatio nonnullorum naturæ invisibilium*, etc., Leyde, 1685. — *Et opera omnia, seu arcana naturæ.* Leyde, 1722.

(3) *An account of some new microscopical discoveries.* London, 1745.

(4) *De animalculis infusoriis satura observationum.* Gœttingue, 1765.

on voit apparaître, peu de temps après, au milieu de la décomposition et de la dissolution de ces matières organiques, des végétaux très simples tels que des moisissures, ou de très petits animaux, d'une simplicité organique apparente, visibles seulement au microscope, quelquefois même à un très fort grossissement, ce qui n'empêche pas que l'organisation de plusieurs d'entre eux ne soit fort compliquée. C'est à ces êtres nouveaux qu'est resté le nom d'infusoires, qui exprime la principale condition de leur existence. Leur apparition ne semblant précédée de celle d'aucun être semblable à eux, ni même d'aucun être jouissant d'une vie quelconque, on supposa qu'ils se forment de toutes pièces, à l'aide de l'eau, de l'air et des matières en infusion, c'est-à-dire qu'ils naissent par une génération spontanée; erreur que Buffon devait soutenir plus tard de toute la gloire de son nom et de tout le prestige de son style.

L'existence de ces infusoires, l'obscurité de leur origine et de celle de quelques entozoaires, sont les seuls motifs qui fassent admettre, aujourd'hui encore, la génération spontanée par des autorités scientifiques, dont le nom demande qu'on ne la rejette pas sans la soumettre à un examen sérieux. Ainsi, elle est professée par plusieurs naturalistes, Bürmeister (1) entre autres, pour l'acarus de la gale, les poux, etc. Bürdach ne l'admet, d'une manière absolue, que pour les infusoires; comme si, parce qu'ils sont simples, ils n'en étaient pas moins des animaux, et comme si la génération spontanée n'était pas tout aussi difficile à comprendre à leur égard qu'à l'égard de tous les êtres. Pour ce qui est des autres animaux, tantôt Bürdach (2) va jusqu'à croire que certains poissons, qu'on trouve dans des étangs sur des montagnes, peuvent y naître spontanément; tantôt il refuse d'admettre, malgré l'analogie des deux ordres de faits, la génération spontanée des crapauds qu'on a trouvés dans des arbres ou dans des murailles. Comment admettre l'hétérogénie des uns, quand on rejette celle des autres? Dugès (3) croyait aussi à la sponténarité, et il faisait même jouer à l'électricité, dans ce mode de génération, un rôle qu'il n'est pas besoin de réfuter aujourd'hui. « L'électricité moléculaire ou de contact, dit-il, qui préside aux cristallisations minérales, qui de même agite évidemment les matières organiques en fermentation, ne peut-elle être considérée comme constituant l'agent vital de certains agrégats nouvellement formés, vivifiant ainsi ces animaux sans système nerveux que Lamark nommait apathiques? » Lamark admettait que ce sont les impondérables généraux qui tiennent lieu d'agent vital à ces animaux et les organisent. Otton Frédéric Muller (4) déclare que les infusoires se forment « *ex moleculis brutis et quoad sensum nostrum inorganicis.* »

Mais toutes ces opinions s'évanouissent devant une discussion sérieuse des faits. Nous allons chercher à le démontrer, en nous occupant successivement des principaux phénomènes sur lesquels on s'appuie pour soutenir aujourd'hui la génération spontanée des infusoires, et de ceux qui servent de base à la même opinion pour les entozoaires.

(1) *Handbuch der Entomologie.* Berlin, 1795.
(2) *Traité de physiologie*, t. I, p. 15.
(3) *Traité de physiologie comparée de l'homme et des animaux.* Montpellier, 1839, t. III, p. 199.
(4) Pars I. *Animalium infusoriorum succincta historia.* Copenhague et Leipsick, 1773.

A. De la génération spontanée des Infusoires.

I. On a fait deux hypothèses sur la génération spontanée des infusoires : celle des *molécules organiques* de Buffon, et celle de la *création de spores*, des auteurs modernes.

Première hypothèse. — Buffon, voyant d'une part la matière se désagréger, et voyant d'un autre côté naître de petites particules vivantes dont l'origine échappait à l'observation, supposa l'existence d'une foule de corpuscules animés dont chacun serait le centre de forces vitales propres. De la réunion d'un grand nombre de ces corpuscules, qu'il décore du nom de *molécules organiques*, se formeraient, d'après lui, tous les animaux, sans en excepter les plus grands ni les plus parfaits; de leur séparation, de leur isolement résulteraient des espèces de monades susceptibles de conserver à la fois et leur état solitaire et leurs facultés vitales, douées d'une vie indépendante, mais pouvant se grouper ultérieurement pour créer des formes vivantes nouvelles. De là l'idée d'une mutation continuelle, non seulement des éléments matériels qui constituent les corps des animaux, mais de la forme même de ces animaux, conséquence qu'il a vainement essayé d'éluder par la nouvelle supposition des moules intérieurs ; de là aussi la possibilité de voir apparaître toutes les formes imaginables et inconnues de nouvelles espèces.

C'est précisément comme une conséquence de ces molécules organiques, que Buffon admet les générations spontanées. « L'une de ces hypothèses suit de l'autre, » dit Flourens (1) Aussi, les beaux et nombreux résultats de la science moderne, les découvertes de Redi, de Swammerdam, de Valisnieri, de Réaumur, sont entièrement perdus pour Buffon. « Il y a peut-être, dit-il, autant d'êtres soit vivants, soit végétants, qui se reproduisent par l'assemblage fortuit des molécules organiques, qu'il y a d'animaux ou de végétaux qui peuvent se produire par une succession constante de générations (2). » Et plus loin : « Plus on observera la nature, plus on reconnaîtra qu'il se produit en petit beaucoup plus d'êtres de cette façon que de toute autre. On s'assurera de même que cette manière de génération est non seulement la plus fréquente et la plus générale, mais la plus ancienne, c'est-à-dire la première et la plus universelle (3). » Et, pour montrer quelle extension Buffon donnait à cette hypothèse : « Dès que les molécules organiques, ajoute-t-il, se trouvent en liberté dans la matière des corps morts et décomposés, dès qu'elles ne sont point absorbées par le moule intérieur des êtres organisés, qui composent les espèces ordinaires de la nature vivante ou végétante, ces molécules, toujours actives, travaillent à remuer la matière putréfiée, elles s'en approprient quelques particules brutes, et forment, par leur réunion, une multitude de petits corps organisés, dont les uns, comme les vers de terre, les champignons, etc., paraissent être des animaux ou des végétaux assez grands, mais dont les autres en nombre presque infini ne se voient qu'au microscope; tous ces corps n'existent que par une génération spontanée (4). Les anguilles de la colle de farine, continue-t-il, celles du vinaigre, tous les prétendus

(1) *Histoire des travaux et des idées de Buffon*, p. 78. Paris, 1844.

(2) BUFFON, *Histoire naturelle générale et particulière, avec la description du cabinet du roi*, de l'Imprimerie royale, in-4°. Paris, 1749-1789. Supplément, t. IV, p. 335.

(3) *Ouv. cit.* Suppl., t. IV, p. 357.

(4) *Ouv. cit.* Suppl., t. IV, p. 339.

animaux microscopiques ne sont que des formes différentes que prend d'elle-même, et suivant les circonstances, cette matière toujours active et qui ne tend qu'à l'organisation (1). » Enfin, pour n'avoir pas à revenir sur ce point historique, voici ce que dit encore Buffon de la génération des entozoaires : « La génération spontanée s'exerce constamment et universellement après la mort, et quelquefois aussi pendant la vie. Les molécules surabondantes, qui ne peuvent pénétrer le moule intérieur de l'animal pour sa nutrition, cherchent à se réunir avec quelques parties de la matière brute des aliments, et forment, comme dans la putréfaction, des corps organisés ; c'est là l'origine des ténias, des ascarides, des douves, et de tous les autres vers qui naissent dans le foie, dans l'estomac, les intestins, et jusque dans le sinus des veines de plusieurs animaux ; c'est aussi l'origine de tous les vers qui percent la peau..... (2). »

Il est vrai qu'examinés avec de mauvais microscopes, les infusoires semblent n'être qu'une simple masse de gelée vivante, et peuvent passer pour ces prétendues molécules organiques de Buffon. Les tissus des animaux, imparfaitement étudiés, avec des grossissements peu considérables, offrent aussi un aspect granuleux qui a pu les faire regarder comme composés de la réunion de corpuscules ou globules, auxquels il était facile, avec une imagination comme celle de Buffon, d'accorder une vie propre. Plusieurs observateurs sont tombés dans une erreur analogue sur la structure des tissus, à une époque encore peu éloignée de la nôtre : tel est Milne Edwards (3) qui professe aujourd'hui sur le même point des idées bien différentes. Mais en ce moment, nos connaissances histologiques ne nous permettent plus le doute, et il est certainement inutile de réfuter les idées de Buffon sur ce sujet.

Deuxième hypothèse. — Vers la fin du dernier siècle, Spallanzani commença, sur la formation des infusoires, des recherches dont nous aurons bientôt l'occasion de parler : mais, d'après Bonnet, troublé dans ses conclusions par quelques idées préconçues, il n'en tira pas peut-être tout le parti qu'il devait. Plus tard, en France, Fray (4) fit de nombreuses expériences avec toute la minutie des chimistes et des physiciens. Mais elles furent plus nuisibles qu'utiles à la doctrine qu'il voulait défendre ; car elles le conduisirent à admettre que, dans les infusions se produisent non seulement des animaux microscopiques, mais même des vers de terre, des colimaçons, et jusqu'à des insectes d'une organisation compliquée, des podures, des cousins, etc. Dugès reconnaît qu'il y a eu dans ces expériences quelque cause d'erreur, comme dans les expériences plus récentes de Crosse, qui aurait produit des acariens dans des solutions de silice, déposées sur un morceau de lave et soumises à l'action de la pile.

En Allemagne, Gleichen, Gruithuisen, Bürdach, Tréviranus et quelques autres firent de nouvelles expériences. Bürdach, qui les rapporte et les résume toutes, n'en conclut néanmoins la génération spontanée que pour les êtres inférieurs. Voici comment il en explique la possibilité : « Comme la plasticité individuelle, dit-il, ne peut que conserver les organes supérieurs (viscères, muscles, nerfs, etc.) par

(1) *Ouv. cit.* Suppl., t. IV, p. 343.
(2) *Ouv. cit.* id., t. IV, p. 341.
(3) *Répertoire général d'anatomie et de physiologie*, publié par Breschet. Paris, 1827, t. III, p. 47.
(4) *Essai sur l'origine des corps organisés et inorganisés*. Paris, 1817. Quoique publiées en France seulement en 1817, ces expériences datent de 1800 et 1807. Une partie fut publiée en Allemagne en 1807.

la nutrition, tandis que pour ce qui concerne les organes inférieurs (tissu cellulaire, vaisseaux capillaires, os, etc.), elle est apte à produire de nouveau, soit en ajoutant à ce qui existe déjà, soit en régénérant les parties perdues; de même la génération ne saurait maintenir les organismes supérieurs que par propagation, mais peut, lorsque les circonstances sont favorables, créer de nouveaux organismes inférieurs (1). » Malheureusement pour la théorie, il n'y a pas tout à fait parité entre la régénération et la génération; et les assertions de Bürdach, sur la différence de régénération entre les muscles, les nerfs, le tissu cellulaire, les os, etc., ne sont pas tout à fait justes. Bürdach pense d'ailleurs que la génération spontanée ne s'exerce guère que sur des substances organiques : « Si la force plastique de notre planète, dit-il (2), a été autrefois plus puissante qu'elle ne l'est aujourd'hui, on peut penser que la génération primordiale a été mise en jeu jadis par des dépôts inorganiques produits au sein des eaux ; mais qu'aujourd'hui elle a lieu, sinon exclusivement, du moins principalement lorsqu'on fait infuser dans l'eau une substance qui a joui de la vie. »

En résumé, les travaux de ces expérimentateurs modernes semblèrent, non pas confirmer les idées de Buffon qui n'étaient que de simples suppositions, mais prouver que la substance organique morte peut devenir le siége d'une fermentation, et, par suite, donner naissance à des granules, desquels se développeraient, comme des véritables ovules, les êtres infusoires. « Dans la propagation par œufs, dit Burdach (3), le nouvel individu se forme aux dépens d'une masse amorphe de granulations microscopiques qui se décomposent. De pareilles analogies ne permettent pas de regarder comme absolument impossible que de la substance grenue, produite par la décomposition de la matière organique, il se développe un animal d'une autre espèce, pourvu de bouche, de cavité digestive, d'organes locomoteurs, quoique d'ailleurs d'une structure fort simple. »

On verra qu'aucune de ces deux hypothèses n'est fondée sur les faits. Mais, il faut le dire, avant même que l'expérience eût répondu d'une manière qui nous paraît aujourd'hui décisive, on avait émis, sur la nature du phénomène dont nous nous occupons, une opinion plus logique. De tout temps, en effet, on a cherché à expliquer la génération des infusoires par le développement d'œufs ou de germes, c'est-à-dire par un mode semblable à celui par lequel nous voyons se former les autres êtres vivants, qui naissent de parents semblables à eux. Faut-il admettre alors que ces germes se trouvent répandus partout, dans l'air, dans l'atmosphère, dans les eaux, etc.; en un mot, faut-il admettre la dissémination des germes de Bonnet? C'est là une seconde question qu'il nous faudra bientôt discuter.

II. Mais avant de répondre à cette difficulté, dont les spontéparistes ont fait une objection, et à quelques autres qu'on a élevées contre le mode de reproduction des infusoires que nous adoptons, nous devons exposer les expériences que tant d'observateurs ont tentées dans le but de résoudre une question si controversée, et signaler surtout les caractères de précision nécessaires à ces expériences pour qu'elles puissent faire naître la certitude.

(1) Burdach, *Traité de physiologie*, t. I, p. 10. Paris, 1837.
(2) *Ouv. cit.*, t. I, p. 417.
(3) *Ouv. cit.*, t. I, p. 12.

Les premières expériences semblèrent tout à fait favorables à l'opinion des générations spontanées. Telles furent celles de Leeuwenhoek et de Needham qui découvrirent les infusoires. Plus tard, les observations d'un grand nombre de physiologistes et de naturalistes, et notamment de Spallanzani, de Wrisberg, de Gleichen, d'O. F. Müller, d'Ingenhousz, de Fray, de G.-R. Tréviranus, de Gruithuisen, de Bürdach, de Schultze, d'Ehrenberg, de Dujardin, etc., tout en étendant beaucoup nos connaissances à cet égard, ont pu donner lieu encore aux conclusions les plus opposées.

Spallanzani vit que les substances organiques cuites sont tout aussi propres que celles qui n'ont pas bouilli à donner naissance à des infusoires; que l'eau distillée est aussi favorable à leur développement que l'eau ordinaire; que l'air atmosphérique est nécessaire à ce développement, et surtout qu'on ne voit naître aucun infusoire dans les infusions qu'on a fait bouillir en vases clos. Cependant il resta dans le doute : « les infusoires, dit-il, tirent sans doute leur première origine de principes préorganisés; mais ces principes sont-ils des œufs, des germes, ou d'autres semblables corpuscules? S'il faut offrir des faits pour répondre à cette question, j'avoue ingénument que nous n'avons sur ce sujet aucune certitude (1). »

Wrisberg (2) prouva la nécessité de l'influence de l'air atmosphérique, en démontrant qu'il ne se produit aucun animal dans les infusions recouvertes d'une couche d'huile.

Tréviranus (3) dit que la diversité des substances organiques en infusion entraîne aussi des différences dans les infusoires qui s'y forment, que la lumière exerce sur cette production une influence considérable, etc., et il arriva à soutenir une opinion fort analogue à celle de Buffon sur les molécules organiques.

Une des productions qui a le plus occupé les partisans de la génération spontanée est la matière verte de Priestley. Étudiée surtout par Ingenhousz (4), elle apparaît aussi dans les conditions dont nous venons de parler, sous l'aspect d'une croûte verdâtre, à granulations rondes et elliptiques, qui, d'abord isolées et douées de légers mouvements, paraissent se transformer plus tard en filets transparents qui se meuvent d'une manière irrégulière. Suivant R. Wagner (5), elle ne serait qu'un assemblage de cadavres d'animalcules verts (entre autres de l'*Euglena viridis*), ses filets mobiles seraient des êtres différents; et Ingenhousz aurait eu le tort de ne les considérer que comme des transformations des premiers.

En général, les recherches des observateurs dont nous avons cité les noms, portèrent successivement sur l'influence exercée par la nature du corps solide ou de la substance à infuser, sur celle de l'eau dans laquelle on la laisse infuser, de l'air qui est en contact avec elle, de la lumière qui l'éclaire, etc. Il serait beaucoup trop long de rapporter leurs nombreuses expériences, dont des observations subséquentes ont beaucoup amoindri la valeur. Nous nous contenterons d'en signaler les résultats.

Pour ce qui est du *corps solide*, tous les corps organisés, après qu'ils ont perdu la vie, ou les diverses parties de ces corps (racines, tiges, feuilles, fleurs, fruits, cerveau, poumons, foie, muscles, excréments, etc.); les principes immédiats

(1) SPALLANZANI, *Opuscules de physique animale et végétale*, t. I, p. 230. Paris, 1787.
(2) *Observationum de animalculis infusoriis satura*, etc., p. 83, 86. Gœttingue, 1765.
(3) *Biologie*, t. II, p. 325. Göttingue, 1822.
(4) *Miscellanea physico-medica*. Viennæ, 1795.
(5) *Manuel de physiologie* de J. Muller, t. I, p. 11. Paris, 1845.

qu'on extrait des corps organisés et qui sont encore susceptibles de décomposition (mucus, farine, extractif, albumine, fibrine, etc.), et encore le terreau, la vieille colle des relieurs, la bière blanche aigrie, le mauvais vinaigre ; enfin certaines substances inorganiques, le granit, l'anthracite, le marbre coquiller, d'après Gruithuisen (1) ; le sel de cuisine, le salpêtre, d'après Tréviranus (2), sont susceptibles de donner naissance à des infusoires.

Quant à l'*eau*, on a employé successivement l'eau de rosée, que Gleichen dit être la plus féconde (3), l'eau de pluie ou de source fraîche, l'eau conservée quelques mois en vases clos, enfin l'eau bouillie et distillée.

La présence de l'*air atmosphérique* est indispensable : nous avons vu comment Wrisberg l'a prouvé. Spallanzani (4) avait aussi remarqué qu'il ne se formait des infusoires dans des vases hermétiquement fermés que quand ceux-ci contenaient assez d'air, ou qu'il avait pu en pénétrer à travers les fissures occasionnées par l'action de la chaleur. Fray (5) prétend en avoir vu se développer sous l'influence du gaz hydrogène et sous celle de l'azote.

L'influence de la *chaleur*, de la *lumière*, de l'*électricité*, sur la production des infusoires, ne paraît pas différer de celle qu'exercent ces agents impondérables sur le développement de tout être organisé.

Enfin, on a prétendu que la nature des infusoires dépendait de la nature de ces trois corps (solide, eau, air), de leur proportion respective, etc.

Il est inutile d'insister sur ce point, puisque les faits sur lesquels est fondée cette assertion ne sont empreints d'aucune rigueur. Burdach (6), après avoir rapporté les expériences qu'il a faites en commun avec Hensche et Baer, et qu'il appelle décisives, se plaint de ce qu'un autre physiologiste (J. Muller) ne leur accorde pas la même valeur. « Je ne vois, dit-il, dans son objection qu'un parti pris de nier la possibilité d'une expérience décisive, plutôt que de renoncer à une hypothèse favorite. » Cependant nous partageons pleinement à cet égard la conviction de J. Muller, et nous disons avec lui (7) : « Quoique quelques observateurs aient expérimenté à la fois sur des infusions de substance organique, sur de l'eau distillée, et sur des gaz artificiels, la précision nécessaire pour établir un résultat décisif ne saurait être admise comme probable dans ces cas ; et elle n'est guère possible, puisque les instruments employés pour changer l'eau auraient dû être absolument purs de toutes particules organiques adhérentes, et que chaque lavage donnait occasion à des erreurs. »

III. Maintenant, nous allons rapporter des expériences d'un caractère plus positif et dont les résultats, opposés à ceux de Burdach et de tous les partisans de l'hétérogénie, nous paraissent être d'une rigoureuse exactitude.

Les principales conditions qu'il importe d'observer dans l'application de l'expérience à la question des générations spontanées, sont les suivantes : 1° il faut être sûr que toute matière organique vivante, germe ou animal, est détruite dans l'in-

(1) *Beiträge zur Physiognosie and Eautognosie*, p. 100.
(2) *Biologie*, t. 2, p. 305. Gottingue, 1822.
(3) *Dissertation sur la génération des animalcules spermatiques et ceux d'infusion*. Paris, an VII.
(4) *Observations et expériences sur les animalcules*, p. 140, t. I, dans *Opuscules de physique*.
(5) *Essai sur l'origine des corps organ. et inorgan.*, p. 5, 8. Paris, 1817.
(6) *Traité de physiologie*, t. I, p. 26, trad. de Jourdan.
(7) *Manuel de physiologie*, trad. de Jourdan, t. I, p. 13. Paris, 1845.

usion qu'on a préparée; 2° il faut veiller à ce qu'il ne puisse pas s'en introduire du dehors, pendant tout le temps que doit durer l'expérience. Voyons comment ces conditions ont été remplies.

Nous avons entendu Milne Edwards raconter plusieurs tentatives infructueuses, auxquelles il se livra, il y a un certain nombre d'années, dans le but de provoquer les générations équivoques. Ayant mis dans un tube de la matière organique et de l'eau, il faisait bouillir le liquide afin de tuer les animaux qui auraient pu s'y trouver, puis bouchait le tube, en tirant son extrémité à la lampe. Aucun infusoire ne se formait dans ces infusions, même après un laps de temps très long. Au contraire, les animalcules s'y développaient toujours, quand l'appareil n'avait pas été préalablement chauffé. On pourrait objecter avec raison à ces expériences que l'air ne se renouvelant pas à la surface de l'infusion, il n'était pas étonnant qu'un animal ne pût y prendre naissance.

Mais plus tard, Schultze (1) fit des expériences plus concluantes. La première échoua, dans les circonstances suivantes : Il prit un vase à deux tubulures, dans lequel furent mises de l'eau distillée et des matières organiques, telles surtout que du poivre, signalées comme les plus propres au développement des infusoires ; puis, ayant tué tout ce qu'il pouvait y avoir de vivant dans le bocal, en le plongeant dans un bain-marie très chaud, il plaça simplement l'appareil sur sa fenêtre, pour le mettre en contact avec l'air extérieur. Au bout de peu de temps, des infusoires s'y montrèrent.

Dans une autre expérience, Schultze employa plus de précautions. Ayant tout disposé d'abord comme dans la précédente, au lieu de laisser arriver librement l'air atmosphérique en contact avec son mélange, cet observateur prit le soin de lui faire subir d'abord un lavage qui, sans altérer sa composition, le purgeât de tout germe et de toute matière organique qu'il pourrait tenir en suspension. Pour atteindre ce but, il ne le laissa se renouveler dans les flacons qu'à l'aide de deux tubes, placés dans les deux tubulures : l'un de ces tubes était destiné à l'entrée de l'air; l'autre, muni d'un appareil d'écoulement, en déterminait la sortie et le renouvellement continuel. Au tube qui était destiné à son entrée, Schultze adapta un appareil, renfermant des réactifs que l'air était obligé de traverser avant d'arriver dans le vase, et où il se lavait complétement, de manière que tout être organisé ou tout germe d'animal qui y aurait été contenu fût incontestablement détruit. Le réactif dont il se servit de préférence fut l'acide sulfurique concentré; et, pour qu'après ce passage, l'air ne restât pas chargé d'acide, il lui fit traverser un second bain formé seulement d'eau pure. Or, quelle que fût la durée de l'expérience, tant que celle-ci fut continuée avec le même soin, jamais le moindre infusoire, ni animal, ni végétal, ne se développa. Ainsi, on peut hardiment en conclure que de la matière organique, de l'eau et de l'air ne suffisent pas pour produire un être vivant. A la fin, Schultze déboucha le vase, et au lieu de n'y laisser arriver que de l'air purifié, il y laissa pénétrer, comme dans sa première expérience, de l'air ordinaire, c'est-à-dire de l'air chargé de toutes les matières pulvérulentes qu'il peut tenir en suspension et charrier d'un lieu à un autre; et, au bout de trois jours, apparurent des infusoires.

Schwann (2) a fait des observations analogues : il a reconnu que les liquides

(1) *Annales de Poggendorf*, p. 11 ; 1837. Voyez aussi *Edimburg new philosophical journal*, octobre 1837; et *Annales des sciences naturelles*, 2e série, *Zoologie*, t. VIII, p. 320; 1837.
(2) Sur les *Générations équivoques*, dans les *Annales de Poggendorf*, p. 184 ; 1837.

bouillis et chargés de matières organiques, qu'on met en contact avec de l'air préalablement soumis à la chaleur rouge, mais riche encore en oxygène et souvent renouvelé, ne produisent ni infusoires, ni moisissures, et ne subissent pas la putréfaction. Après lui, plusieurs observateurs ont répété ces expériences avec le même succès.

Il est donc inutile de recourir au prétendu mode de formation attribué, par Burdach et tous les spontéparistes, aux animaux infusoires. Non seulement les faits sur lesquels il est fondé sont bien loin de concorder entre eux, mais on voit encore que l'expérience précise le repousse de la manière la plus formelle.

IV. Cependant les partisans de l'hétérogénie, ayant cru trouver dans leur hypothèse une explication plus facile que dans celle des germes, et ayant soulevé contre cette dernière toutes sortes d'arguments, il nous faut répondre maintenant à leurs objections, et, après avoir prouvé que tout fait empreint de positivisme repousse la génération spontanée des infusoires, il nous faut démontrer en même temps que rien ne s'oppose à l'intelligence d'un mode plus normal de génération à l'égard de ces animalcules.

Comment se fait-il, répètent sans cesse les adversaires de l'existence des germes, qu'on n'aperçoive pas ces germes eux-mêmes qui doivent être si nombreux et disséminés partout? Mais on peut leur répondre qu'il n'y a rien là de surprenant, puisqu'il faut déjà des instruments très puissants pour voir les animaux qui en proviennent.

Comment peut-il arriver, reprennent les spontéparistes, que ces germes soient transportés partout? Et alors ils s'élèvent surtout contre la puissance des courants atmosphériques, laquelle est pourtant si incontestable. Or, ce que nous savons de cette puissance doit nous rendre facile à comprendre le transport de corpuscules aussi petits, aussi légers que des germes d'infusoires, et dont un nombre infini pourrait former à peine une masse comparable à un faible nuage de poussière. Les cendres du Vésuve n'ont-elles pas été transportées, par le seul intermédiaire de l'air, non seulement dans toute l'Italie, mais dans des lieux plus éloignés encore? La seule force des courants atmosphériques et des ouragans n'est-elle pas la cause de ces pluies de crapauds et de poissons dont personne ne récuse l'étonnante authenticité? Et, pour indiquer seulement la possibilité d'autres moyens de transport, les œufs des animaux qui vivent dans l'eau ne peuvent-ils pas être portés d'un lieu dans un autre, par leur adhésion aux pieds des oiseaux aquatiques, ou par toute autre cause analogue, aussi simple et aussi fréquente?

Si ces germes sont répandus partout, ajoute-t-on, il doit y avoir un gaspillage de produits inconcevable. Mais n'est-il pas évident qu'il doit y avoir partout des pertes semblables, surtout dans les rangs inférieurs de l'organisation? A mesure qu'on descend dans l'échelle des êtres, on voit que, pour que leur nombre reste à peu près le même et que leur production et leurs pertes se compensent par un balancement réciproque, le nombre des germes, et celui des œufs se multiplient de plus en plus. C'est un fait irrécusable et nécessaire aux harmonies de la nature. Ainsi, il est probable qu'en général un champignon est remplacé par un champi-

gnon, et cependant Fries (1) a remarqué que le nombre des spores du *reticularia maxima* est de dix millions. Il faut donc, dans ce cas particulier, dix millions de germes pour la production d'un individu dans l'économie générale de la nature. Le même fait s'observe, bien que dans des proportions en général plus exiguës, chez la plupart des animaux. Combien le nombre des œufs pondus, chez les animaux inférieurs, et même chez les insectes, chez les poissons, n'est-il pas considérable, comparé à celui des sujets qui arrivent à l'état adulte et qui, remplaçant leurs parents, atteignent le but final de représenter et de continuer l'espèce! Chez les mammifères eux-mêmes et dans l'espèce humaine, un grand nombre d'œufs se forment qui ne sont jamais fécondés; et parmi ceux qui l'ont été, combien périssent pour quelques uns qui prospèrent! Et le sperme, cet autre élément de la reproduction, n'est-il pas sécrété, chez les animaux les plus élevés, en quantité de beaucoup supérieure à celle que réclamerait seulement son emploi utile? Que d'œufs de grenouille ne féconde-t-on pas avec une goutte de sperme du mâle! Quel petit nombre de spermatozoïdes voyons-nous autour de l'œuf fécondé des mammifères, relativement à la quantité innombrable qu'en introduisent des éjaculations plus ou moins répétées dans les organes générateurs des femelles! Je ne sais si, rigoureusement parlant, on trouve dans les germes des infusoires une prodigalité pareille. Loin d'y voir une profusion inutile, admirons plutôt cette extrême libéralité de la nature pour assurer la continuité des espèces.

Une dernière objection, à laquelle les partisans de la génération spontanée ajoutent un grand poids, est la suivante : dans un grand nombre de cas, disent-ils, on voit des êtres se former dans des lieux où, depuis fort longtemps, on n'avait vu des êtres semblables. Comment auraient-ils pu s'y développer, si ce n'est spontanément? Rien n'est plus vrai, sans doute, que ces sortes d'apparitions souvent surprenantes; mais rien n'implique moins la nécessité d'une génération spontanée. On le sait, en effet, un grand nombre de germes, des animaux même peuvent conserver l'aptitude à vivre ou à se développer, quoique la vie semble annihilée chez eux, et qu'elle y reste plus ou moins de temps tout à fait latente. Il est facile de citer une multitude d'exemples de cette singulière faculté.

Le fait est peut-être plus frappant pour les plantes que pour les animaux. Tournefort raconte que des marécages, desséchés depuis longtemps, s'étant renouvelés, environ un siècle après leur dessèchement, par suite de pluies abondantes, on vit s'y développer de nouveau des plantes marécageuses, qui n'avaient point paru dans le même lieu tant qu'il n'y avait pas séjourné de l'eau. Des exemples de ce genre sont très multipliés dans la science. Franklin (2) rapporte qu'en Amérique, quand on a brûlé des forêts de pins, quelques années après on voit naître des peupliers à la même place. Sur les lieux qu'occupaient les forêts vierges de l'Amérique, après qu'on en a opéré la destruction, on voit pousser des trèfles (3). Dira-t-on que, dans tous ces cas, et mille autres qu'on pourrait citer, il y a eu génération spontanée? N'est-il pas plus naturel de supposer que les graines de ces diverses plantes sont venues d'ailleurs, à l'aide des courants atmosphé-

(1) *Systema orb. vegetal.*
(2) Froriep, *Notizen*, t. VII, p. 193.
(3) Hofmann, dans *Froriep's Notizen*, t. VIII, p. 116.

riques ou de tout autre moyen de transport qui peut nous échapper? Ou bien ne peut-on pas admettre qu'elles séjournaient, depuis longtemps, dans le lieu même où elles ont poussé et qu'elle y ont conservé leur vitalité jusqu'au moment où les circonstances ambiantes, venant à changer, leur ont permis de prendre leur développement?

Link (1) rapporte que, lorsqu'une source d'eau salée vient à sourdre loin de la mer, on voit bientôt croître, aux alentours, des végétaux qui n'habitent que les terres imprégnées de sel ou les rivages de la mer. Burdach (2) se hâte d'en conclure que le changement de nature du sol a suffi pour produire des végétaux d'espèces différentes; et, ajoutant à cet exemple celui des plantes nouvelles qui croissent sur les lieux ravagés par l'incendie, il dit : « Il est parfaitement conforme à l'analogie avec la formation des infusoires, que les produits de la combustion, variant selon la nature du sol et celle des substances combustibles éparses à sa surface, donnent lieu aussi au développement de plantes différentes. » C'est ainsi qu'il prend toujours le changement des circonstances extérieures et par suite des conditions d'existence des divers êtres organisés, pour la cause même de la production de ces êtres. N'est-il pas plus simple de n'y voir que la cause de leur développement, que la possibilité pour eux de vivre dans des lieux où on n'avait pu les voir encore, parce qu'ils n'avaient pu y trouver, jusque là, les éléments nécessaires à leur existence? Du reste, des expériences précises nous démontrent que cette conservation des graines, que la persistance de leurs propriétés vitales et de leur pouvoir germinatif, quelque étonnantes qu'elles puissent nous paraître, sont néanmoins des faits irrécusables. Ainsi, on a vu germer des graines de sensitive qui étaient, depuis soixante ans, dans l'herbier de Tournefort; des haricots recueillis depuis cent ans, des mousses conservées aussi depuis deux cents ans; enfin, du blé et du riz trouvés dans les plus anciens monuments de la vieille Égypte. N'y eût-il aucune cause d'erreur dans l'expérience de Fray qui a vu se développer des animalcules dans l'infusion des débris d'une momie, les faits que nous venons de citer suffiraient pour lui ôter tout cachet de spontéparité.

Les œufs des animaux ne paraissent pas, il est vrai, pouvoir conserver leur viabilité pendant un temps aussi long; mais encore plusieurs sont-ils susceptibles de la garder durant un certain nombre de mois et même d'années. Tout le monde sait qu'en soumettant les œufs de vers à soie à une basse température, les agriculteurs parviennent à les conserver pendant un temps assez considérable. Chez plusieurs animaux (et notamment chez quelques uns assez parfaits en organisation pour qu'on ne puisse plus élever aujourd'hui à leur égard seulement le soupçon de génération spontanée), on a constaté des faits analogues à ceux que nous avons cités chez les végétaux. Ainsi, on a vu des animaux paraître, à certaines époques, dans des lieux où on ne les avait pas rencontrés depuis fort longtemps. Adanson a vu, au Sénégal, de petits marais, desséchés neuf mois de l'année, qui, plus tard, lorsqu'il avait plu, se peuplaient de poissons dont les espèces étaient différentes de celles qui peuplaient les eaux environnantes. Sans aller si loin, on voit souvent les eaux pluviales des fossés qui restent à sec la majeure partie de l'année, et quelquefois plusieurs années de suite, se peupler rapidement de myriades de petits crustacés, en particulier de daphnies, de cypris, de cithérées, même

(1) *Elementa philosophiæ botanicæ*, p. 462.
(2) *Traité de physiologie*, t. I, p. 42. Paris, 1837.

d'animaux d'assez grande taille, comme les branchippes, les apus : Desmarest l'a surtout remarqué pour ces derniers (1). Il y a quelques années, dans la forêt de Fontainebleau, on trouvait des flaques d'eau pleines de petits crustacés bien connus des naturalistes, longs de 4 centimètres, nommés *apus*, et qu'on ne rencontrait pas dans les lieux voisins. Une année, ils disparurent complétement, et, pendant les deux ou trois années qui suivirent, on n'en trouva plus du tout ; puis ils reparurent bientôt en grand nombre. Comment expliquer tous ces phénomènes, si ce n'est en disant que les germes de ces divers animaux étaient restés viables dans la vase, tant que les circonstances favorables à leur développement ne s'étaient pas présentées? Entourés d'une humidité suffisante, et protégés par la surface desséchée, végétante même, du marécage, ils ont bien pu s'y conserver longtemps sans périr. D'un autre côté, les courants atmosphériques, l'adhésion aux pieds des oiseaux aquatiques, dont il a déjà été question, et plusieurs autres moyens de transport, auraient pu les faire passer d'un autre lieu dans celui qui est devenu le berceau de leur développement.

Du reste, ce ne sont pas seulement les germes d'un grand nombre d'êtres qui sont susceptibles de conserver leur viabilité, malgré le dessèchement et l'absence de toutes les circonstances nécessaires à leur évolution. Plusieurs animaux, déjà développés, paraissent être aussi doués de la même faculté. Spallanzani (2) constata, en examinant les mousses qui se trouvent sur les toits, dans les gouttières, l'existence de petits animaux, curieux à bien des égards, et qu'on connaît sous le nom de *rotifères* : ces animaux desséchés ne donnent aucun signe de vitalité et ressemblent à des grains de poussière ; mais, dès qu'on leur donne de l'eau et qu'ils en sont humectés, ils reviennent à la vie et se font même remarquer par la vivacité de leurs mouvements. On critiqua d'abord le fait : Bory Saint-Vincent (3) admit que les rotifères desséchés mouraient inévitablement, et que si l'on avait cru voir ces animalcules desséchés revivre, on n'avait vu en réalité que de nouveaux animalcules provenant d'œufs promptement développés. Ehrenberg (4), tout en supposant que le rotifère continuait à vivre, garanti par la mousse et le sable, pensa néanmoins que, loin d'être interrompus, les actes vitaux se poursuivaient en lui avec la même rapidité, et il admit qu'entre le rotifère qu'on examinait avant le dessèchement et celui qu'on retrouvait après, il y avait une suite de générations intermédiaires ; en un mot, que celui-ci n'était qu'un des arrière-petits-enfants de celui là. Mais on a repris ces expériences, et l'on a vu que non seulement Spallanzani avait bien observé, mais que cette mort apparente peut même durer pendant neuf mois. Les tardigrades, les vibrions qu'on trouve dans les grains de blé rachitique, etc., jouissent de la même faculté. Doyère (5), en poursuivant les recherches de Spallanzani, a vu un fait plus curieux encore ; c'est que, malgré la loi générale d'après laquelle toute vie est incompatible avec une température trop élevée, ces animaux, une fois desséchés, peuvent, sans périr, être soumis à une très forte chaleur. Descloizeaux (6), il est vrai, a présenté dernièrement à l'Aca-

(1) Dugès, *Physiologie comparée*, t. III, p. 201. Montpellier, 1839.

(2) *Opuscules de physique animale et végétale*, t. II, p. 299.

(3) *Encyclopédie méthodique*, 1824 ; article *Microscopiques et vibrions*. *Dictionnaire classique d'histoire naturelle*. article *Rotifères*.

(4) *Die Infusorien als vollkommene Organismen*, p. 492. Leipsick, 1838.

(5) Suite de son Mémoire sur les Tardigrades, *Ann. des scien. natur.*, 2e série, *Zoologie*, 1842, t. XVIII, p. 5.

(6) *Comptes-rendus de l'Acad. des sciences*, t. XXIII. p. 934 ; 1846.

démie des sciences des conferves, recueillies en Islande, et qu'il avait trouvées végétant dans la source thermale de Gröf à une température de 98°; mais en général il n'y a pas d'animaux qui résistent à une chaleur de plus de 50° : à cette température, ils meurent tous, même très promptement. On conçoit qu'il doit en être ainsi, ne serait-ce que par l'effet de la coagulation de l'albumine : mais Chevreul (1) a constaté que l'albumine, quand elle a été préalablement desséchée, peut être fortement chauffée sans se coaguler, c'est-à-dire sans perdre la propriété de se redissoudre dans l'eau. C'est précisément ce qui est arrivé dans les expériences de Doyère, et, grâce sans doute à cette seule circonstance, ses animaux, après avoir été d'abord desséchés, ont pu être chauffés jusqu'à 120° et même jusqu'à 140°, sans perdre néanmoins leur viabilité.

V. Après les présomptions que devaient faire naître les travaux des premiers observateurs attentifs, après les expériences positives que nous avons rapportées, et les réponses que nous venons de faire aux principales objections des partisans de l'hétérogénie, il nous semble peu logique d'admettre que des infusoires puissent naître spontanément.

Il est vrai que plusieurs des physiologistes, qui croient encore à ce mode de génération, en resserrent étroitement les limites : ils ne supposent pas que des êtres vivants puissent naître de composés minéraux et se contentent de les faire provenir de la dissociation de parties organisées, c'est-à-dire d'éléments ayant déjà appartenu à d'autres corps doués de la vie. Ainsi, ils pensent que la formation d'infusoires n'est pas, à proprement parler, une production primitive de matière organique, mais qu'elle suppose déjà l'existence d'êtres organisés. Aucune substance organique, en effet, ne paraît pouvoir se développer d'elle-même. Les végétaux vivants semblent avoir seuls le privilége de transformer les combinaisons binaires du règne minéral, l'eau, l'acide carbonique, l'ammoniaque, en combinaison ternaire organique, et par suite en matière organisée. Les animaux, au contraire, d'après les vues générales émises et développées successivement par Burdach (2), J. Muller (3), J. Dumas (4), vivent en général de matières organiques déjà formées; mais ils n'ont pas le pouvoir d'en créer eux-mêmes avec des éléments ou des composés minéraux : en un mot, leur existence suppose celle des végétaux.

Néanmoins, nous ne croyons pas que, même avec cette restriction, on puisse admettre davantage la génération spontanée des infusoires. Ainsi, dans tous les cas que nous venons d'examiner, nous ne reconnaissons aucune hétérogénie; nous y voyons seulement une révivification de certains animaux dont la vie était restée latente par l'effet du dessèchement ou de quelque autre circonstance; ou bien un développement de germes, qui étaient demeurés plus ou moins de temps sans éclore, parce qu'ils ne se trouvaient pas dans des circonstances favorables à leur évolution.

D'ailleurs Ehrenberg (5) a découvert la véritable germination des semences de champignons et de moisissures, et par là fixé le mode de propagation de ces végétaux. Il a fait voir comment on peut produire de nouvelles moisissures avec des

(1) *De l'influence que l'eau exerce sur les substances azotées solides.* (*Ann. de chimie et de physique*, t. XIX, p. 41.

(2) *Traité de physiologie*, t. IX, p. 401. Paris, 1837.

(3) *Manuel de physiologie*, t. I, p. 16. Paris, 1845.

(4) *Essai sur la statique chimique des êtres organisés*, 3e édit., février 1844.

(5) *Nova acta nat. curios.*, vol. X. (Citation de J. Muller, dans *Man. de physiol.*, t. I, p. 13.)

graines de moisissures, et il a rendu probable que, dans le cas où ces êtres apparaissent d'une manière inopinée, leurs graines, disséminées par l'eau ou par l'atmosphère, n'ont fait que trouver le sol nécessaire à leur germination. Quant aux animaux infusoires, non seulement Ehrenberg a reconnu qu'un grand nombre a une structure compliquée, mais il a pu, chez plusieurs, observer des œufs et la propagation par des œufs, chez d'autres la propagation scissipare, ou bien encore celle par gemmes ou bourgeons. Devant revenir sur ces divers modes de reproduction, nous ferons seulement observer ici que cette multiplication peut être extrêmement rapide : c'est ce que prouve l'exemple d'un rotateur (l'*hydatina senta*) duquel, d'après Ehrenberg (1), peut résulter en dix jours un million d'individus. Si l'on ajoute à cela que le développement de ces animaux paraît être riche en formes successives, et qu'il peut arriver de prendre pour une différence d'espèces ce qui n'est qu'une différence entre quelques degrés de développement, on n'éprouvera plus aucune difficulté à se rendre compte ni de leur extraordinaire multiplication, ni de leur extrême diversité.

Bien que les observations d'Ehrenberg nous aient révélé les détails de structure les plus curieux dans les infusoires, il n'est pourtant pas exact de dire que tous ces animaux, les rotatoires exceptés, aient une organisation complexe, et notamment un estomac composé, comme l'admettait d'abord ce micrographe, qui leur avait donné le nom de *polygastriques* (2). Dujardin a démontré que plusieurs consistent seulement en une espèce de gelée vivante, de *sarcode*, pour nous servir de l'expression de ce naturaliste, susceptible de changer de forme tant au dehors qu'au dedans, pourvue d'organes locomoteurs (cils vibratiles), et dans laquelle les aliments se creusent progressivement un certain nombre de cavités stomacales, destinées à opérer une digestion successive des matières ingérées (3). Mais ces faits n'ôtent aucune valeur aux conclusions que la connaissance plus approfondie des infusoires permet de déduire contre l'hypothèse des générations primitives.

En outre, Ehrenberg n'est jamais parvenu à obtenir, à l'exemple de Tréviranus, d'infusions déterminées des formes d'infusoires également déterminées. Il a vu tantôt les unes, tantôt les autres se produire, quoique la préparation fût absolument la même. Cette assertion détruit celle de Gruithuisen (4), qui dit n'avoir jamais trouvé ces animaux parfaitement semblables de forme, de taille, etc., dans plus de mille expériences faites sur des infusions de substances diverses et au milieu de circonstances différentes; et celle de Burdach (5) qui prétend que les diverses espèces d'infusoires prennent une configuration en harmonie avec les circonstances. Le fait de cette différence, fût-il avéré, ne saurait d'ailleurs devenir un argument en faveur de la génération spontanée. Qu'y aurait-il d'étonnant, en effet, à ce que certaines espèces ne pussent se développer que dans certains milieux, et d'autres espèces dans d'autres milieux, si pour les infusoires, comme pour tous les animaux, les milieux constituent des conditions d'existence ?

(1) *Annales des sciences naturelles*, 2e série, *Zoologie*, t. I, p. 138.
(2) EHRENBERG, *Die Infusionsthierchen als vollkommene Organismen*. Leipsick, 1838.
(3) DUJARDIN, *Mémoire sur l'organisation des infusoires*, dans *Ann. des sc. natur.*, 2e série, *Zoologie*, t. X, p. 230 ; 1838.
(4) *Organozoonomie*, p. 164. Munich. 1811.
(5) *Traité de physiologie*, t. I, p. 26.

B. De la génération spontanée des entozoaires.

La seconde question que nous avons à examiner, au sujet de l'hypothèse des générations spontanées, est celle de la formation des *vers intestinaux*, ou, plus généralement, des *entozoaires et des parasites*. Or, pour ces animaux, comme pour les infusoires, de quelque espèce qu'ils soient, à quelque profondeur qu'ils se trouvent placés dans le foie, les muscles, l'œil, le cerveau, etc., il est impossible, aux partisans de l'hétérogénie, de prouver qu'ils se forment spontanément. Toutes les raisons, alléguées aujourd'hui encore en faveur de cette opinion, ne sont que des raisons négatives. De ce qu'on croit ne pouvoir pas expliquer autrement la présence d'un filaire dans le corps vitré, d'une douve dans le foie, ou de tout autre entozoaire dans un organe profond, également éloigné de la surface du corps ou de ses cavités naturelles et digestives, on arguë que ce filaire, que cette douve, que cet entozoaire a pris spontanément naissance dans le lieu où on le trouve. Et, comme il faut se contenter ici de l'observation directe, parce qu'on ne peut pas pour la formation des entozoaires, comme pour celle des infusoires, provoquer la nature par l'expérimentation, tant qu'il restera un entozoaire dans lequel on n'aura pas vu des œufs ou qu'on n'aura pas surpris se reproduisant de quelque autre manière, les partisans de l'hétérogénie s'en feront une arme pour défendre leur opinion. Cependant tous les faits bien avérés, toutes les découvertes qui, chaque jour, ont fait mieux connaître l'histoire des helminthes, sont formellement contraires à l'hypothèse des générations spontanées. Il ne sera pas très long de passer en revue les points importants de la question, le sujet n'étant pas encombré d'expériences fautives, comme pour les infusoires, puisqu'ici on ne peut en faire ni de fausses ni de vraies.

Plusieurs savants, et surtout plusieurs naturalistes et médecins allemands, Morren, Rudolphi, Bremser, entre autres, croient encore à la génération spontanée des helminthes. Une telle opinion se répandit par leurs ouvrages, qui, d'ailleurs fort remarquables, ne nous donnaient des vers qu'une connaissance superficielle, incomplète et purement morphologique. Il était réservé aux travaux anatomiques, surtout aux plus récents, de redresser leurs erreurs et de nous donner une idée juste de l'organisation compliquée d'un grand nombre d'entozoaires.

Sans parler des premiers essais de Redi, Linné, Bloch, Pallas, O. F. Muller, ni même des travaux plus importants de Gœze et de Zeder, on peut regarder Rudolphi comme le fondateur de la science helminthologique. Mais, si dans son grand ouvrage (1), ainsi que dans les magnifiques planches que Bremser (2) y a ajoutées, la zoologie et l'histoire naturelle des helminthes ont fait un immense progrès, il faut avouer que l'anatomie et la physiologie de ces animaux n'y ont que fort peu gagné, et que nos connaissances sur cet objet, le seul qui puisse éclairer l'histoire de leur génération, sont restées à peu près ce qu'elles étaient auparavant. C'est à tel point que Rudolphi se refuse à admettre dans les vers l'existence d'un système nerveux, bien qu'elle y fût reconnue déjà par plusieurs de ses prédécesseurs.

(1) *Entozoorum historia naturalis*. Amsterdam, 1808; et *Entozoorum synopsis cui accedunt mantissa duplex et indices locupletissimi*. Berolini, 1819.

(2) *Icones Helminthum systema Rudolphii entozologicum illustrantes*, curavit, J.-G. Bremser. Viennæ, 1824.

Bremser (1) lui-même publia, peu de temps après, une histoire des vers intestinaux de l'homme. Non seulement il y décrivit ceux qui se trouvent dans son tube digestif et ceux qui séjournent en dehors de ce canal, il indiqua leur diagnostic et leur traitement; mais il fit précéder toute cette partie de son ouvrage d'une longue dissertation en faveur de la génération spontanée des entozoaires. Nous examinerons plus loin ceux de ses arguments qui méritent réfutation.

Mais, pour ce qui est des notions anatomiques positives, c'est Bojanus (2) qui, le premier, a démontré, du moins en partie, la composition du système nerveux dans un amphistome; de plus, dans le même amphistome, dans plusieurs distomes, cet observateur a fait connaître nettement le canal intestinal, les organes de la génération, et même, dans le *Distoma hepaticum*, l'existence d'un appareil vasculaire. On sent quel coup portent ces découvertes, qui datent déjà de plus de vingt ans, à l'hypothèse de la génération spontanée. Si ce mode de reproduction se concevait d'animaux qu'on ne supposait doués que d'une organisation obscure et uniforme, il devient bien plus difficile de l'admettre du moment qu'on reconnaît, dans ces animaux, des appareils organiques diversement caractérisés dans diverses classes, et surtout des organes générateurs et les produits de ces organes.

J. Cloquet (3) exposa, dans un mémoire assez étendu, l'organisation de l'ascaride lombricoïde et de l'échinorhynque géant. On y trouve la description des organes générateurs des mâles et des femelles : celle de l'ascaride est surtout très détaillée.

Dujardin, qui a publié une histoire naturelle des helminthes (4), a donné aussi, dans plusieurs mémoires, des détails sur l'organisation de ces animaux, sur la structure anatomique des gordius et du mermis (5), sur les helminthes des musaraignes, sur leurs métamorphoses et leurs migrations (6), sur l'embryon des entozoaires et les mouvements de cet embryon dans l'œuf (7).

Mehlis, Nordmann, Miran, Diesing et plusieurs autres ont aussi décrit, d'une manière plus ou moins parfaite, le système nerveux, l'appareil vasculaire, le canal digestif, les organes de la génération de plusieurs distomes, amphistomes, linguatules, diplostomes, etc.

Enfin, tout récemment, E. Blanchard (8) a repris l'étude anatomique des entozoaires : il est parvenu à suivre les plus petits filets de leur système nerveux, à reconnaître par l'injection la forme exacte de leur canal digestif, et la richesse de leur appareil vasculaire, à saisir distinctement les caractères homologues ou différentiels des organes générateurs dans les diverses espèces; en un mot, à démontrer, dans ces animaux, une complication de structure qu'on était loin de soupçonner il y a quelques années.

Ainsi, d'un côté, la délimitation fort nette des espèces, fondée sur la forme

(1) *Traité zoologique et physiologique des vers intestinaux de l'homme*, traduit par Grundler. Paris, 1824.

(2) *Enthelminthica, in Isis von Oken*; Jahrgang, 1821. Erster Band. s. 162. s. 305.

(3) *Anatomie des vers intestinaux*. Paris, 1824.

(4) *Histoire naturelle des helminthes ou vers intestinaux* (dans les suites à Buffon). Paris, 1845.

(5) DUJARDIN, *Annales des sciences naturelles*, 2e série, *Zoologie*, t. XVIII, p. 129.

(6) *Rec. cit.*, même série, t. XX, p. 329.

(7) *Rec. cit.*, id., t. VIII, p. 303.

(8) *Recherches sur l'organisation des vers*, dans les *Annales des sciences naturelles*, 3e série, *Zoologie*, t. VII, p. 87, 1847.

générale du corps, les caractères zoologiques extérieurs, et toutes les circonstances, qui servent à établir des déterminations génériques et spécifiques en histoire naturelle, déjà si bien utilisées par Rudolphi, Bremser, Cuvier, de Blainville, Dujardin, etc., permettant de comparer sous bien des rapports les entozoaires avec un grand nombre de vers qui vivent dans les milieux extérieurs aux corps des autres animaux, doivent faire supposer que leur génération ne s'éloigne pas de celle de ces derniers; que, comme celle-ci, pouvant être à la fois scissipare, gemmipare ou ovipare, elle est surtout ovipare

D'un autre côté, la structure compliquée de leur organisation, comparable à celle d'animaux semblables à eux, qui habitent les eaux douces ou la mer (1), différente dans les diverses formes spécifiques, de manière à confirmer les classifications zoologiques établies sur la forme extérieure et même à les perfectionner dans un grand nombre de points, est aussi un motif puissant de supposer que les entozoaires ne sauraient se développer spontanément, surtout quand on sait que les organes de la génération et leurs produits ont été déjà vus et décrits dans un très grand nombre de types.

Se fondant sur ces dernières considérations, c'est-à-dire sur des données anatomiques, Blanchard établit, dans les vers, les classes suivantes : les *anévormes* (2), comprenant les planaires, les trématodes, les douves, les amphistomes, les tristomes, etc.; les *cestoïdes*, dans lesquels il range les tænias, les bothriocéphales, les cysticerques, etc.; les *helminthes proprement dits*, c'est-à-dire les filaires, les strongles, les ascarides, etc.; enfin *les némertines*, et quelques autres.

Pour ce qui concerne les organes de la reproduction dans les classes précédentes, « Chez les anévormes, dit cet observateur, ces organes ont une constance assez grande; ils permettent de distinguer ces entozoaires des autres vers. Les hirudinées et les scoléides (lombricinées) sont les seuls qui s'en rapprocheraient bien notablement sous ce rapport (3). » — « Quant aux organes de la génération, les cestoïdes diffèrent non seulement des helminthes nématoïdes, mais aussi des anévormes, des hirudinées et des scoléides; ils n'ont guère plus d'analogie avec les annélides proprement dits. Dans les tænias et dans les botriocéphales, où le corps est nettement divisé en une longue série d'anneaux, il existe dans chacun d'eux, soit en même temps, soit alternativement, un ovaire et un appareil mâle, complétement distincts et séparés de ceux de l'anneau précédent et de l'anneau suivant. Dans les cestoïdes, dont le corps n'est pas divisé comme il l'est chez les précédents, les organes de la génération se multiplient néanmoins de la même manière dans toute la longueur du corps (4). » — « Toujours, ajoute-t-il plus loin, les sexes sont séparés dans tous les animaux que nous rangeons dans la classe

(1) Les circonstances biologiques, ici, comme chez les insectes et plusieurs autres animaux, ont fort peu d'importance; elles ne tiennent guère qu'à la différence dans le choix de la nourriture. Aussi, en comparant l'organisation des planaires à celle des trematodes, Blanchard a-t-il trouvé que l'animal vivant dans les mares, dans les étangs, dans la mer, est très voisin de l'animal vivant dans le foie, dans l'intestin ou dans un autre viscère d'un mammifère, d'un oiseau ou d'un poisson. Bien plus, la même espèce est souvent aquatique pendant une période de sa vie, et parasite pendant une autre.

(2) Cette dénomination est destinée à rappeler, dans cette classe, l'absence caractéristique d'un véritable collier nerveux.

(3) E. BLANCHARD, *rec. cit.*, p. 111.

(4) Id., *rec. cit.*, p. 119.

des helminthes ; c'est encore un caractère général qui les sépare des anévormes et des cestoïdes (1). »

Ainsi, nous reconnaissons aux entozoaires des organes générateurs, nous savons qu'ils produisent des œufs, et en nombre immense, comme surtout le tænia, le botryocéphale, etc. Ces œufs sont évidemment destinés à les reproduire, et non seulement nous devons penser que c'est par le développement de ces œufs que naît un ver caractérisé comme le tænia, mais encore il nous est impossible de concevoir, avec Rudolphi (2), que ce dernier puisse se former spontanément. Aussi, les partisans de la génération équivoque ne se refusent-ils plus à admettre que les entozoaires pondent des œufs, puissent même se propager par des œufs ; mais ils se retranchent derrière la difficulté, l'impossibilité, disent-ils, que ces œufs soient portés dans les cavités du corps, ou dans l'épaisseur des tissus, et ils en concluent que, dans beaucoup de circonstances, les entozoaires ne peuvent se former que de toutes pièces, l'un d'entre eux du moins, sauf plus tard à ce que ce premier en engendre d'autres par scissiparité, par bourgeonnement ou par des œufs. C'est là, à proprement parler, le seul argument qu'ils puissent présenter encore en faveur de leur doctrine : c'est donc le seul que nous ayons à examiner. Nous allons essayer de prouver que, sinon dans tous les cas, du moins dans la plupart, il ne peut plus être d'aucune valeur, et qu'on peut toujours concevoir plus facilement le transport des œufs des helminthes que leur génération spontanée.

Il est d'abord un ordre de faits pour lequel le doute n'est plus permis aujourd'hui : ainsi on ne croit plus à la génération spontanée des poux, des acarus, des puces pénétrantes, des filaires de Médine, et de tous les parasites qui, déposant leurs œufs dans l'épaisseur de la peau, semblent au premier abord se développer au-dessous de l'enveloppe cutanée. Il en est de même des végétaux parasites, parmi lesquels un des plus remarquables est le *botrytis paradoxa* ou *bassiana* : on sait que le développement de cette moisissure provoque, chez les vers à soie, une maladie meurtrière connue sous le nom de muscardine. On croyait qu'elle était le résultat d'une génération spontanée provoquée par la mauvaise nourriture, le défaut d'aération, ou toute autre cause d'insalubrité. Mais les recherches de Bassi de Lodi (3), d'Audouin (4), de Johanys (5), ont prouvé d'abord que ce cryptogame est inoculable, et qu'il suffit, pour le propager, d'une quantité extrêmement petite ; puis, qu'il se développe toujours à l'orifice des trachées, c'est-à-dire dans les points où sont arrêtés les corpuscules entraînés par l'air atmosphérique qui pénètre dans les organes des insectes. De la connaissance de ces deux circonstances particulières, il est facile de conclure que la production du botrytis, chez les vers à soie, loin d'être spontanée, tient

(1) E. Blanchard, *loc. cit.*, p. 128.

(2) Rudolphi cité par Dugès, *Physiologie comparée*, t. III, p. 204, croit avoir observé un fait remarquable de *génération spontanée* du tænia. Sur un chien, dont les intestins ne contenaient que deux articulations de tænia caténiforme, il rencontra, attachés à beaucoup de villosités et comme continus avec elles, de petits nœuds blanchâtres que le microscope démontra être autant de têtes de cette espèce de tænia, mais sans aucune autre partie de leur corps : Rudolphi fait remarquer à ce sujet que les plus petits de ces animaux, lorsqu'ils sortent de l'œuf, montrent déjà un assez grand nombre d'articles, ce qui prouverait, suivant lui, que ces capitules ne pouvaient provenir d'une génération ovipare.

(3) *Ann. des sc. naturelles*, 2e série, *Zoologie*, t. V, p. 314.

(4) *Ann. des sc. natur.*, 2e série, *Zoologie*, t. VIII, p. 229, 257.

(5) *Ann. des sc. natur.*, 2e série, *Zoologie*, t. XI, p. 65.

seulement au développement de germes transportés par l'air d'un point sur un autre (1).

Quant aux entozoaires, et surtout aux intestinaux, on a acquis la certitude, à l'égard d'un certain nombre, que leurs germes s'introduisent avec les aliments et qu'ils se développent ensuite dans le corps des animaux chez lesquels on les trouve. On a même vu des entozoaires déjà formés dans les corps d'insectes, de poissons, etc., passer avec ceux-ci dans le corps des animaux auxquels les insectes ou les poissons servent de nourriture; comme Dujardin (2) l'a observé pour plusieurs vers des musaraignes, dont il a décrit le développement et les migrations.

Il est probable que l'introduction des germes d'helminthes avec les aliments, constatée chez quelques animaux, est aussi chez l'homme la cause unique du développement des vers dans son intestin. Si l'on n'a pu encore prendre la nature sur le fait, on connaît du moins quelques circonstances qui donnent du poids à cette présomption. On remarque, en effet, qu'en Suisse les tænias sont très communs; et il suffit d'avoir habité le pays, pendant quelques années, pour avoir de ces entozoaires dans l'intestin. Il en est de même en Belgique : Bremser (3), qui cite ce fait curieux, le regarde comme inexplicable. Or, une circonstance purement agricole paraît être la cause de cette singularité : la méthode flamande de fumer les terres, employée en Belgique et en Suisse, consiste à verser directement sur le sol les matières excrémentitielles; en France, au contraire, on emploie pour engrais la poudrette, c'est-à-dire le résidu des excréments longtemps abandonnés aux agents atmosphériques, et sur lesquels ont agi toutes les causes pouvant y détruire la vie dans les substances qui en étaient douées. Suivant toute probabilité, les germes des entozoaires, en Suisse et en Belgique, sont absorbés par les végétaux, et, ingérés avec ceux-ci sous forme d'aliments, passent de nouveau dans l'intestin de l'homme; tandis que le contraire a habituellement lieu en France. Mais on conçoit en même temps qu'il doit y avoir un grand nombre d'œufs détruits, pour quelques uns qui prospèrent. Aussi, ceux qui sont habitués à saisir les harmonies de la nature ne s'étonneront pas qu'un animal, relativement aussi rare que le tænia, produise néanmoins une quantité d'œufs presque innombrable : on ne peut s'étonner que d'une chose, c'est que de tels animaux puissent servir encore de prétexte à la génération spontanée. « Nous savons, dit E. Blanchard (4), que les vers sont, de tous les animaux, les mieux partagés sous le rapport des organes reproducteurs. Dans la plupart d'entre eux, les ovaires occupent la plus grande partie du corps, et les œufs se comptent par milliers et centaines de milliers. Ce fait seul indique que les produits des vers sont exposés à bien des chances de destruction, et qu'ils arrivent pour ainsi dire par hasard à être introduits dans le lieu où ils peuvent se développer. Mais l'examen des vers intestinaux, on le comprend facilement d'après ce nombre incalculable d'œufs, doit laisser dans l'étonnement, en pensant que ces animaux ont surtout servi d'exemple pour répandre les idées de génération spontanée. »

Ainsi, il est aussi facile d'expliquer la présence des vers dans le tube digestif que celle des parasites dans l'épaisseur de la peau.

(1) Voyez aussi un rapport de Dutrochet sur les *Travaux relatifs à la Muscardine*, dans les *Ann. des sc. naturelles*, 2e série, *Zoologie*, t. IX, p. 5.
(2) *Ann. des sc. natur.*, 2e série, *Zoologie*, t. XX, p. 329.
(3) *Traité des vers intestinaux*, 1re partie. Paris, 1824.
(4) *Ann. des sc. natur.*, 3e série, *Zoologie*, t. VII, p. 121.

Il ne reste à résoudre qu'un point de la question, c'est-à-dire l'origine des entozoaires qu'on trouve dans l'épaisseur des tissus, et jusque dans le corps des embryons. C'est le seul sur lequel il règne encore réellement quelque obscurité. J. Muller fait, à ce sujet, un aveu complet d'indécision. « En réalité, dit-il (1), on trouve ici autant d'invraisemblances, quand on se propose de réfuter la génération spontanée que quand on veut l'admettre. Les œufs des entozoaires sont évidemment trop gros, pour pouvoir passer, des organes où vivent ces animaux, dans les vaisseaux lymphatiques, pour circuler dans les capillaires sanguins, et enfin pour arriver dans les produits sécrétoires, dans le lait, le jaune de l'œuf, etc. (2). L'hypothèse de la transmission des vers intestinaux de la mère à l'enfant est en contradiction manifeste avec les données expérimentales de la micrométrie, à moins de supposer que les plus petites parcelles de substance reproductive de ces animaux sont tout aussi aptes que l'œuf entier à les propager. »

D'abord, cette dernière raison peut être vraie. Puis, je ferai observer que, outre que nous sommes loin de connaître la mesure des œufs d'un grand nombre d'entozoaires, si ces œufs ne peuvent être portés par le torrent circulatoire, les entozoaires qui en naissent, par l'énergie de leurs mouvements, la faculté qu'ils ont de se creuser une voie dans l'épaisseur des tissus en écartant faiblement leurs parties élémentaires, peuvent, lorsqu'ils sont encore très petits, se porter avec facilité d'un lieu dans un autre, d'un organe tel que le tube digestif, ou d'une quelconque des cavités naturelles dans lesquelles leurs germes ont été déposés, dans un autre organe plus ou moins éloigné, et peut-être du corps même de la mère jusque dans celui du fœtus.

Les faits observés par Dujardin (3), sur les trichosomes de la musaraigne et de quelques autres animaux, justifient complétement notre manière de voir. « La plupart, dit-il, étaient libres dans l'intestin grêle; mais ceux du hobereau étaient engagés dans la muqueuse de l'œsophage. Une fois, dans la musaraigne, je les ai vus engagés par leur moitié antérieure et plus grêle dans l'épaisseur de la muqueuse de l'estomac. Dans la musaraigne, en outre, ils vont chercher à une certaine époque de leur développement un gîte particulier dans l'épaisseur du tissu de la rate. Là, ils achèvent de se développer.... La masse de leurs œufs, jointe à celle de leur corps, prend l'aspect d'un tubercule blanc-jaunâtre.... Il est vraisemblable que divers tubercules, observés ailleurs dans les organes parenchymateux, ont une origine analogue.... Du reste, les dimensions de cet helminthe sont telles qu'il lui est facile de se frayer un passage entre les fibres des tissus les plus délicats. »

D'un autre côté, Ehrenberg n'hésite pas à se ranger du côté de l'opinion que nous soutenons, et il prétend même que les œufs des entozoaires peuvent très bien être disséminés par la circulation dans toutes les parties des animaux : c'est ainsi, dit-il, que l'embryon des mammifères, dans lequel on a trouvé des vers intestinaux, peut en avoir reçu les œufs des humeurs de la mère (4).

(1) *Manuel de physiologie*, t. I, p. 15, trad. de Jourdan.

(2) On a rencontré en effet des vers dans des œufs pondus : Eschholz, par exemple, en a vu dans des œufs de poule. (Burdach, *Physiologie*, t. I, p. 31, trad. de Jourdan.)

(3) *Annales des scien. natur.*, 2ᵉ série, *Zoologie*, t. XX, p. 333, p. 338.

(4) BURDACH, *Physiologie*, t. I, p. 31.

Un autre fait, encore peu connu, mais qu'il sera utile de prendre en considération pour lever cette difficulté, c'est que les entozoaires, comme bien d'autres animaux, sont susceptibles d'éprouver des métamorphoses. Dujardin (1) a vu, dans des œufs de douve, bien qu'ils fussent encore contenus dans le corps de la mère, l'embryon changer de forme et se mouvoir au moyen des cils vibratiles dont sa surface est recouverte. Cet entozoaire, entièrement dépourvu de cils vibratiles extérieurs dans son entier développement, et en présentant dans sa vie embryonnaire, on peut se demander, avec le naturaliste auquel j'emprunte cette observation, si plusieurs vers, avant de se fixer dans les organes où doit s'achever leur existence, n'ont pas des organes locomoteurs transitoires; et si, durant une première période de leur vie, ils ne sont pas susceptibles de nager librement dans les fluides. Ces transformations peuvent d'ailleurs s'opérer très lentement, d'une manière peu uniforme, et rester ici plus qu'ailleurs sous la dépendance des circonstances ambiantes. Elles ne suivraient en cela qu'une marche semblable à celle qu'on observe chez tous les animaux qui sont les sujets de pareils phénomènes. On sait combien la différence de température hâte ou retarde l'éclosion des œufs, surtout de ceux de vers à soie; combien l'abaissement de température et l'obscurité retardent, presque indéfiniment, les métamorphoses des batraciens. Il est à présumer que, chez les entozoaires, les métamorphoses peuvent s'accomplir aussi dans des intervalles de temps indéterminés, et seulement quand ces animaux se trouvent dans les circonstances favorables à leur manifestation. C'est encore là une observation de laquelle il faudra tenir compte chaque fois qu'on approfondira ce sujet, afin de ne pas prendre pour un autre entozoaire la larve d'un entozoaire déjà déterminé, et de ne pas attribuer ainsi, suivant le lieu où on la trouverait, à l'effet d'une génération spontanée, le résultat d'un mode de reproduction bien connu.

Il est une autre remarque analogue qu'il convient de rappeler. Récemment Miescher et Dujardin ont émis l'opinion que les cystiques pourraient bien n'être autre chose que des ténoïdes développés d'une manière anormale : en effet, les cystiques sont constamment dépourvus d'organes de reproduction, et ils ne se rencontrent jamais dans le canal intestinal des animaux, comme font les tænias, mais seulement dans des kystes se développant à la surface des membranes séreuses, ou à la surface du foie et des poumons; ce qui tendrait à faire penser que les œufs de tænias, ayant été introduits dans l'économie animale, en dehors du tube digestif, ont pu éclore et donner naissance à de jeunes individus dont le développement demeure incomplet et dont la forme du corps s'altère, parce qu'ils vivent dans une condition en quelque sorte accidentelle.

De tous les faits et de toutes les considérations qui précèdent, nous concluons que les helminthes ne naissent pas spontanément dans le corps, mais qu'ils y sont toujours portés par les aliments, ou à l'état d'œuf, ou à l'état de larve, et qu'alors ils se développent dans l'intestin ou passent dans des parties plus profondes. Quant à leur multiplication, il est évident que dès qu'un d'eux se trouve dans le milieu qui lui convient, il peut produire un nombre de petits en harmonie avec le nombre de ses œufs, que nous avons vu être des plus considérables. Il suffit donc de concevoir et d'expliquer l'introduction d'un seul de ces animaux, pour rendre compte de la présence de tous les autres.

(1) *Annales des sciences natur.*, 2e série, *Zoologie*, 1837, t. VIII, p. 303.

Les développements dans lesquels nous sommes entré nous dispensent d'insister beaucoup sur les principales objections que font à cette opinion les spontéparistes. Nous avons déjà dit ce que nous pensons de la présence des entozoaires dans les embryons, bien que ce cas soit sans contredit un des plus embarrassants. Il est facile, d'un autre côté, d'expliquer, sans avoir recours à la génération spontanée, pourquoi la plupart des animaux ont leurs entozoaires propres. Outre que la proposition n'est pas absolue, puisqu'on a réellement rencontré les mêmes entozoaires dans plusieurs espèces et même dans plusieurs classes différentes, les germes des mêmes vers peuvent, on le conçoit, être introduits à la fois dans une foule d'animaux, et se développer seulement dans ceux où ils trouvent le milieu qui leur convient et pour lequel ils ont été créés. C'est donc bien gratuitement que Burdach, faisant observer que l'homme aussi a ses entozoaires propres, dit qu'il ne peut recevoir des œufs que de son semblable, et fait la singulière supposition que ces œufs devraient se transmettre des parents aux enfants dans l'acte de la génération (1). La même nécessité de vivre dans les milieux où ils trouvent leurs conditions d'existence fait comprendre aussi pourquoi beaucoup de ces singuliers êtres vivent seulement dans certains organes et meurent, en général, hors du corps des animaux. Ainsi, rien n'empêche d'admettre que ces êtres se reproduisent comme tous ceux qui leur ressemblent et qui vivent hors des autres animaux; rien n'oblige à faire la supposition qu'ils sont engendrés spontanément. Non seulement cette supposition est toute gratuite, mais elle est encore contraire à tous les faits.

En résumé, qu'on étudie le développement des infusoires, ou la production des entozoaires, si l'on suit le progrès historique, si l'on s'entoure des lumières de l'expérience et de l'observation, si l'on fait la part de l'exactitude dans toutes les données anatomiques et physiologiques qui s'y rattachent, on voit que, partout où la question a été approfondie, l'hypothèse de la génération spontanée s'évanouit. Il faut donc la rejeter dans l'état actuel de la science, et ne pas y recourir par cela seul qu'on ne peut expliquer encore tous les cas de reproduction des êtres vivants. Cette décision n'est pas d'ailleurs aussi indifférente que l'exprime Burdach, tout en défendant avec énergie l'opinion que nous venons d'attaquer (2). Si, à un point de vue purement philosophique et très élevé, il importe peu que des animaux puissent se former spontanément, ou qu'ils ne proviennent que de parents antérieurement créés, il est nécessaire pour le physiologiste de poursuivre, avant tout, la vérité, et de la découvrir partout où il peut l'éclairer des lumières de l'expérience. Or, si la génération spontanée se conçoit, rien de positif ne la justifie; l'expérience et l'observation, chaque jour plus savantes, lui ont arraché un à un tous les faits qui constituaient ses plus forts arguments; ceux que le défaut de nos connaissances lui permet de revendiquer encore sont pour le moins insignifiants. Ces motifs suffisent pour nous la faire nier chez les animaux, et, en général, chez tous les êtres organisés.

(1) *Physiologie*, t. I, p. 29.
(2) *Physiologie*, t. I, p. 9.

DE LA REPRODUCTION CONSIDÉRÉE EN GÉNÉRAL CHEZ TOUS LES ANIMAUX.

Puisqu'aucun être ne s'engendre spontanément, un animal est donc toujours la reproduction d'un autre animal antérieurement créé. Mais voyons comment s'opère ce phénomène continu de reproduction, et par quels procédés se fait la procréation incessante de nouveaux organismes semblables aux organismes qui les ont précédés.

Ces procédés se réduisent à trois :

1° Chez les animaux inférieurs, par un phénomène de nutrition ou d'accroissement exagéré, le corps est susceptible de se scinder, de *se diviser spontanément*, de se multiplier enfin par le seul fait de ce partage, chaque part étant apte à devenir un centre de forces procréatrices qui se complète et reproduit un animal entier.

2° Chez des êtres moins imparfaits, la même faculté est moins vague et se spécialise davantage. De la surface de leur corps, et seulement dans une certaine étendue, naissent des *bourgeons :* en se développant, d'abord sans se détacher du tronc, ces bourgeons acquièrent peu à peu la forme de l'organisme souche, et continuent dès lors à vivre par eux-mêmes, soit qu'ils restent agrégés au corps qui leur a donné naissance, soit qu'ils abandonnent l'être sur lequel ils se sont formés.

3° La tendance à la concentration des forces procréatrices se prononçant davantage, la faculté de reproduire l'espèce ne réside plus dans tout le corps, ou dans une grande partie de son étendue; mais elle se borne à un lieu particulier, à un ou plusieurs organes. Dans ce point déterminé, elle se manifeste par la production d'amas plus ou moins nombreux de matière organique, d'une forme ordinairement globulaire, et susceptibles de devenir, après leur déhiscence, des animaux semblables à ceux qui les ont produits. Ces amas moléculaires, les seules parties du corps dans lesquelles réside la faculté de reproduire l'animal, ces espèces de bourgeons qui, pour se développer, n'ont pas besoin de rester fixés sur l'organisme maternel, sont connus sous le nom général de *germes*. Nous verrons plus tard que, tantôt ils sont susceptibles de se développer seuls, tantôt ils ont besoin, pour conserver ou acquérir cette faculté, de s'unir à un second élément provenant d'un autre organe ou d'un autre animal. Dans le premier cas, on leur donne le nom de *spores;* dans le second, on les appelle des *œufs*.

Nous étudierons d'abord la *fissiparité*, ou reproduction par scission, parce que ce mode est le plus simple, qu'il réside seulement dans quelques unes des classes les plus inférieures, et qu'il représente parfaitement le passage de la nutrition ou conservation de l'individu, à la génération ou conservation de l'espèce : c'est le trait d'union entre l'accroissement des êtres et leur reproduction.

I. FISSIPARITÉ OU REPRODUCTION PAR SCISSION.

Chez tous les animaux, parvenus au terme de leur accroissement, la vie s'entretient par un mouvement continuel de composition et de décomposition, qui constitue ce qu'on appelle, à proprement parler, la nutrition. Le balancement qui s'établit et se perpétue entre le gain que donne à l'animal l'assimilation des aliments, et la perte causée par les excrétions, est la condition première de

l'entretien de la vie, et suffit au libre exercice des fonctions. Mais il est des cas dans lesquels la rupture de cet équilibre entraîne avec elle la manifestation d'actes nutritifs plus intenses qu'à l'état normal. Ainsi, lorsqu'un animal vient à perdre quelqu'un de ses organes, on voit apparaître chez lui un phénomène nouveau de nutrition. Ce phénomène, comparable à ceux qui dans son jeune âge présidaient à son accroissement, en diffère seulement en ce qu'au lieu d'être également répandu dans l'organisme, il y est, pour ainsi dire, localisé et s'exerce d'une manière exclusive sur le point correspondant à la partie qui vient d'être enlevée. Il se réalise dans des limites bien différentes suivant les différents êtres, mais il s'observe chez tous et dépend de la tendance qu'ont tous les animaux à reproduire les parties qui leur sont coupées ou arrachées. Considérant l'étude de semblables phénomènes, surtout dans les degrés inférieurs de l'échelle animale, comme propre à faire naître une juste idée de la reproduction *fissipare*, nous pensons devoir nous y livrer, avant de décrire ce premier mode de génération.

La *régénération*, cette puissance de reproduire des organes, ou la tendance à se compléter, qui se manifeste dans un tout privé de quelqu'une de ses parties, peut se constater chez tous les êtres vivants, sans en excepter l'homme lui-même. Très apparente dans les êtres inférieurs, elle diminue d'activité à mesure qu'elle s'exerce dans des organismes plus compliqués, jusqu'à ce qu'enfin elle se borne chez l'homme à la reproduction de quelques tissus ; encore, chez lui, cette reproduction est-elle souvent fort incomplète.

Dans les végétaux, la tendance précédente se manifeste à un très haut degré. On peut couper la tige d'un grand nombre d'arbres, même des plus parfaits en organisation, sans pour cela déterminer leur mort; car bientôt du collet de la racine on voit pousser une nouvelle tige. Réciproquement, si l'on enfonce en terre un fragment de tige, il y pousse des racines, et peu après tous les organes, qui existaient primitivement sur la plante dont il faisait partie, viennent, en s'y développant, compléter encore ce tronçon de végétal. On sait que cette faculté remarquable est utilisée tous les jours pour la reproduction d'un grand nombre de plantes : on donne alors au tronçon, susceptible de reproduire le tout, la dénomination de *bouture*.

Faut-il, pour expliquer ces faits, dire avec J. Muller (1) que le tronc d'un végétal est, en quelque sorte, le faisceau de tous les individus qui s'en détachent à une plus ou moins grande hauteur ; que chaque bourgeon est une jeune plante, parce qu'il peut, isolé du tronc, continuer de vivre, ou même devenir un nouveau système d'individus; que la feuille elle-même est un individu susceptible de reproduire le type entier de l'espèce, parce qu'on voit les feuilles du citronier, de l'oranger, du figuier, pousser lorsqu'on les fiche en terre ; enfin, que la plante développée n'est qu'un multiple de la plante primitive, un *système d'individus*, qui peuvent être réduits jusqu'aux feuilles, et qui sont même contenus encore dans le tronc mutilé? Les faits ne nous paraissent pas justifier une proposition aussi absolue, et leur seule autorité ne suffit pas peut-être pour commander une telle conclusion. Nous voyons seulement, dans la diversité apparente des nombreuses parties d'un végétal, une uniformité réelle d'organisation : dans chacune des

(1) *Manuel de physiologie*, t. II, p. 558. trad. de Jourdan. Paris, 1845.

portions, se trouve la réunion des tissus et des organes nécessaires à la vie de l'ensemble. Sans décider si une partie seule est un individu entier dans la plante, nous pouvons nous contenter de conclure de là qu'une partie seule est susceptible, lorsqu'elle en est séparée, de devenir à son tour un centre de forces procréatrices; qu'une partie seule, par conséquent, est susceptible de reconstituer un tout et de reproduire un végétal nouveau semblable au premier.

La faculté régénératrice, ou, pour parler plus généralement, la faculté que possède une partie plus ou moins considérable d'un être vivant de reproduire l'ensemble de cet être, réside aussi chez les animaux, quoique, pour la plupart, à un degré moins marqué. Mais, si elle est assez faible pour paraître presque nulle dans les organismes les plus élevés, elle devient de plus en plus apparente, à mesure qu'on descend les divers degrés de ces êtres; et on la retrouve, chez les plus inférieurs, avec toute la plénitude et l'étendue d'action qu'elle présente dans les végétaux.

Chez l'homme et chez les mammifères, non seulement les tissus stratifiés, les épithelium, l'épiderme, les poils, les ongles, les cornes, se reproduisent continuellement; mais encore, s'il y a des pertes de substance dans les tissus fibreux, osseux, nerveux, etc., ces pertes, pourvu qu'elles ne dépassent pas certaines limites, se réparent dans un espace de temps plus ou moins long. De là, les cicatrices cutanées ou fibreuses, les cals osseux, les cicatrices nerveuses, régénérations qui deviennent toutes plus ou moins *analogues* aux portions de tissu qu'elles sont destinées à réparer. On a vu, chez les mammifères, le cristallin se reproduire quand la partie postérieure de la capsule était demeurée intacte; et Burdach (1) dit, d'après Vrolik, qu'on a observé, chez l'homme même, une régénération incomplète de cette lentille après l'opération de la cataracte par abaissement.

Si des vertébrés supérieurs nous descendons aux reptiles, nous y trouvons une faculté de régénération bien plus énergique. Ici, le tronc mutilé reproduit les organes entiers qu'il a perdus. Sans parler de la régénération presque indéfinie des crochets des serpents venimeux, on sait que les lézards, les orvets, les seps, les geckos, se rompent la queue très facilement, et qu'ils réparent aussi fort aisément cette perte. « Il est peu de lézards, dit Dugès (2), qui n'aient éprouvé cet accident: et on en reconnaît les traces à la brièveté, à la couleur plus terne, aux écailles plus petites, à la forme plus rapidement conique de la portion reproduite, qui pourtant, à la longue, devient presque absolument semblable à une queue normale. A l'intérieur, on y trouve peau, muscles, vaisseaux, prolongement nerveux enveloppé d'un étui solide; mais cet étui n'est jamais divisé en vertèbres, ni même parfaitement ossifié : c'est un cylindre uniforme de cartilage auquel est incorporé un peu de phosphate de chaux. »

Chez les grenouilles et chez les crapauds encore jeunes, Duméril et Bibron (3) ont vu se reproduire les pattes. Mais les salamandres reproduisent ces organes et quelques autres avec bien plus de facilité. Spallanzani (4) en a vu qui reproduisaient

(1) *Traité de physiologie*, t. VIII, p. 289. Paris, 1837.

(2) *Traité de physiologie comparée de l'homme et des animaux*, t. III, p. 189. Montpellier, 1839.

(3) *Erpétologie générale* ou *Histoire naturelle complète des reptiles*, t. I, p. 206. Paris, 1835-1847.

(4) *Prodromo di un opera da imprimersi sopra la riproduzioni animali*, p. 85. Modena. 1768.

non seulement une patte, mais toutes les quatre. Il en a vu d'autres, auxquelles il avait coupé la queue, en reproduire une nouvelle avec toutes ses parties : peau, muscles, os, vaisseaux, nerfs, moelle épinière (1). Il a observé aussi la régénération de la queue chez les têtards de grenouille (2), et celle de la mâchoire inférieure elle-même chez les salamandres. Enfin, sur ces dernières, Bonnet (3), et après lui, Blumenbach (4), ont constaté la reproduction de l'œil, dans l'espace d'une année, quand le nerf optique avait été ménagé et qu'une portion des membranes oculaires était restée dans le fond de l'orbite.

Chez des poissons auxquels il avait coupé une nageoire, Aug. Broussonet (5) vit bientôt se former un renflement, d'où naquit un prolongement membraneux d'abord épais, mais qui s'amincit en se développant, et qui, après trois mois, renfermait les rudiments encore cartilagineux de deux rayons. Ces rayons acquirent plus de longueur en s'amincissant, et, vers le huitième mois, la nageoire était complétement reproduite. Toutefois, Dugès (6) n'a pas été assez heureux pour pouvoir répéter cette expérience avec succès.

Ces phénomènes de reproduction partielle sont un peu plus sensibles chez les animaux articulés : les crustacés, les insectes, les arachnides. Il est inutile de rappeler les nombreux exemples que nous en offrent les reproductions des téguments dans les mues des larves d'insectes. Réaumur (7) a très bien décrit la reproduction des pattes, des serres et des antennes de l'écrevisse. D'après Amoreux, les autres crustacés, les cloportes et les araignées ont de plus que les insectes une aptitude remarquable à reproduire, tantôt les antennes, tantôt les pattes : c'est ce qui fait que l'on rencontre souvent des écrevisses, et parfois des araignées, dit Dugès, ayant une patte beaucoup plus petite que les autres et presque rudimentaire. Cependant Gœze (8) a vu les libellules reproduire leurs pattes; et Heineken (9) a vu les larves des blattes et des capricornes régénérer leurs antennes.

La même force de régénération est plus étendue encore chez les mollusques. On l'a observée fréquemment pour les bras des céphalopodes, les tentacules des limaçons, etc. Pour ces derniers, Spallanzani (10) a même constaté, dans ses nombreuses expériences, la régénération de la tête chez quelques uns d'entre eux. Treviranus (11), qui a répété ces observations, a observé aussi un certain nombre de fois le même phénomène chez ces mollusques. Mais Dugès fait remarquer qu'il en faut pas aller jusqu'à enlever, en même temps que la tête, les ganglions ner-

(1) *Ouv. cit.*, p. 69.
(2) *Ouv. cit.* p. 36.
(3) Trois mémoires sur la reproduction des membres de la Salamandre aquatique, dans ses œuvres, t. V, p. 284. Neufchâtel, 1779-83.
(4) *Kleine Schriften*, p. 129.
(5) *Observations sur la génération de quelques parties du corps des poissons*; dans les *Mémoires de l'Acad. des sciences de Paris*, p. 684; 1786.
(6) *Physiologie comparée*, t. III, p. 190. Montpellier, 1839.
(7) *Sur les diverses reproductions qui se font dans les écrevisses, les homards, les crabes*, etc., et, *entre autres, sur celles de leurs jambes et de leurs écailles*; dans les *Mémoires de l'Acad. des scien. de Paris*, an 1712, p. 226; et 1718, p. 263.
(8) *Reproductionskraft bey den Insecten. Naturforscher*, 12 *Stück*, p. 221. — Voyez aussi Treviranus, *Biologie*, t. III, p. 515.
(9) *Froriep's Notizen*, t. XXVIII, p. 196.
(10) *Ouv. cit.*, p. 62 — Voyez aussi *Resultati di esperienze sopra la reproduzione della testa nelle Lumache terrestri. Mem. della Società Italiana*, t. I, p. 581, t. II, p. 506.
(11) *Biologie*, t. III, p. 513.

veux qui entourent l'œsophage. Schaeffer (1) a fait les mêmes expériences avec le même succès, pour la tête et l'abdomen des limaces.

Chez les vers, la force de reproduction devient bien plus grande et véritablement surprenante : elle ne s'exerce plus seulement sur les pattes ou sur la queue, mais sur des portions entières du tronc. Ch. Bonnet (2), Gœze (3) et Spallanzani (4), disent que lorsqu'on coupe en travers un lombric ou ver de terre, ou un ver d'eau douce, chaque moitié reproduit ce qui lui manque. Sangiovanni (5) a confirmé ces observations. Tout le monde sait aujourd'hui que les naïdes et les lombrics reproduisent de nouveaux anneaux avec assez de promptitude à la partie postérieure du corps, quand celle-ci a été tronquée. « Nous avons trouvé au printemps, dit Dugès (6), de nombreux échantillons de lombrics ayant une sorte de queue, longue quelquefois d'un pouce, beaucoup plus mince et plus pâle que le reste, et parfaitement annelée ; ici évidemment l'anus appartenait à un anneau de nouvelle formation. » Quant à l'extrémité antérieure, elle ne se reproduit pas avec autant de facilité. « Nous nous sommes assuré, ajoute ce physiologiste (7), que la reproduction de l'extrémité antérieure n'avait pas toujours lieu, et que le tronçon postérieur périssait, après un temps plus ou moins long, quand on enlevait à l'animal plus de huit segments antérieurs. Si on lui en retranche une moindre quantité, quoiqu'on enlève la bouche et le ganglion céphalique même, la plaie se cicatrise, et au bout de dix à trente jours, du milieu de la cicatrice commence à saillir un bouton conique et rougeâtre ; en huit à dix jours, il devient pointu, rouge, fort contractile, et l'on y reconnaît déjà la bouche, la lèvre, les anneaux voisins, le tout, petit encore, mais servant déjà à conduire l'annélide. Plus tard, cette tête prend les dimensions normales, mais reste longtemps moins colorée que le reste. » Rien de semblable n'a été vu, chez les hirudinées, par Moquin ; et chez les clepsines, Dugès n'a pu voir non plus la moindre partie du corps se régénérer.

Suivant Bonnet, et aussi suivant Rœsel (8), les naïdes reproduisent la tête et la queue jusqu'à douze fois de suite, quand on enlève la nouvelle partie à mesure qu'elle se forme : une naïde divisée en six segments longitudinaux et plus, devenait un nombre égal d'individus nouveaux. Il suffisait que chaque tronçon eût au moins 3 à 4 millimètres de longueur (9). O. F. Muller (10) a repris ces expériences sur les naïdes. Il a vu que, sur d'autres annélides, les parties divisées continuent longtemps à vivre, mais ne se complètent pas, notamment sur les néréides, et même les vers de terre, sur lesquels toutefois nous avons rapporté des expériences plus récentes et décisives. Mais il en fut tout autrement de la *naïs proboscidea*.

(1) *Erstere Versuche mit Schneden*, p. 11. Regensburg, 1768. — Voyez ses deux autres mémoires sur le même sujet, 1769, 1770.

(2) *Traité d'insectologie*, 2e partie, ou Observations sur quelques espèces de vers d'eau douce qui, coupés par morceaux, deviennent autant d'animaux complets. Paris, 1745. — Dans ses œuvres, t. I, p. 115-258.

(3) *Von zerschnittenen Wasserwürmen deren Stücke nach einigen Tagen wiederwachsen und vollkommene Thiere werden*. Naturforscher, 3 stück, p. 28.

(4) *Prodromo di un opera*, etc., p. 13.

(5) *Medicinisch-chirurgische Zeitung*, t. II, p. 93 ; 1824.

(6) *Traité de physiologie comparée*, t. III, p. 185.

(7) *Ouv. cit.*, t. III, p. 191.

(8) *Insecten Belustigung*, 3 Theil, p. 433.

(9) EGGER'S *Von der Wiedererzeugung*, p, 37.

(10) *Naturgeschichte einiger Wurmarten des süssen und salzigen Wassers*. Copenhague, 1810.

Le même observateur la divisa transversalement, et il vit, au bout de trois ou quatre jours, le bout caudal se compléter par la formation d'une nouvelle tête et d'une nouvelle trompe. De même l'extrémité céphalique se complétait par la formation d'une nouvelle queue. Cet animal a encore la faculté, que nous aurons à étudier plus loin, de se reproduire par une sorte de bourgeonnement : il se forme à son extrémité postérieure de nouveaux anneaux qui se multiplient au point, qu'au bout d'un certain temps, séparés d'abord par un étranglement, puis par une scission entière, du reste du corps, et reproduisant une tête, ils forment, par leur ensemble, une nouvelle naïs ou une progéniture de la première. La centralisation des facultés vitales est même si faible chez ces animaux, que, d'après O. F. Muller, la division, la décapitation de la mère ou de l'individu générateur n'exerce pas d'influence notable sur le développement de la jeune naïs. De Quatrefages (1) a observé une force reproductive analogue sur des syllis des côtes de la Bretagne.

Quant aux vers intestinaux, on sait que les tænias, rompus par accident, régénèrent toujours des segments nouveaux, tant que leur tête n'a pas été expulsée.

Mais, dans la classe des vers, c'est surtout chez les planaires que la force de reproduction devient considérable. Les planaires sont des vers plats, vivant les uns dans les eaux douces, les autres dans la mer, et ayant tant d'analogie avec les douves, les amphistomes, les distomes, les tristomes et autres vers intestinaux du même genre, désignés récemment par Blanchard sous le nom d'anévormes, qu'on ne peut s'empêcher, malgré leur différence d'habitation, de les ranger aujourd'hui dans le même groupe. Draparnaud avait déjà observé leur force régénératrice. Dugès (2) a varié les expériences de toutes les manières, et il est arrivé à ce résultat que, « soit qu'on divise les planaires transversalement, soit qu'on les coupe obliquement ou dans le sens de la longueur, pourvu que le fragment détaché n'ait pas moins de la dixième partie du total, ce fragment devient bientôt un animal parfait. » La tendance à se compléter est ici bien plus marquée que dans les autres vers, puisque le sens de la section n'est plus limité au diamètre transversal. Voici d'ailleurs comment Dugès (3) raconte les principaux phénomènes de cette reproduction : « Coupe-t-on une planaire en travers, la moitié antérieure et la postérieure séparées continuent à ramper dans le même sens ; le bord formé par la solution de continuité se régularise, devient tranchant, saillant, blanchâtre ; il s'élargit par degrés, et prend peu à peu la forme d'une queue au segment antérieur, d'une tête au segment postérieur. Le suçoir ou trompe se reforme de toutes pièces au segment qui s'en trouve privé, et souvent même à tous les deux, parce que l'ancien suçoir, situé au milieu du corps, s'est souvent détaché à la fois de l'une et de l'autre partie pour mourir dans l'eau, où il s'est agité pendant quelque temps. Si l'on partage une planaire longitudinalement, en deux moitiés latérales, chaque partie se refera de la même manière une autre moitié, un autre suçoir. Dans tous ces partages, seulement l'animal nouveau est plus petit que l'ancien, et les portions réparées restent longtemps plus blanches. »

Parmi les Rayonnés, chez les échinodermes, chez les étoiles de mer, un segment perdu du corps se régénère avec tous ses viscères. Bien plus, non seulement une astérie reproduit un des rayons de son corps, lorsqu'il lui a été arraché ; mais

(1) *Annales des sc. natur.*, 3e série, t. I, p. 22 ; 1844.
(2) *Annales des sciences naturelles*, 1re série, t. XV, p. 139 ; 1828.
(3) *Traité de physiologie comparée*, t. III, p. 192.

d'un seul de ses rayons, lorsqu'il est complet, c'est-à-dire qu'on a eu soin d'en conserver toutes les parties intactes jusqu'à l'axe du corps, on voit, dit-on, promptement renaître les quatre autres, et se former dans son entier un nouvel animal.

Enfin, chez les actinies, d'après Dicquemare (1), et surtout chez les hydres, d'après les fameuses expériences de Trembley (2), souvent répétées depuis, l'aptitude à la reproduction partielle est encore plus active et atteint son maximum. Toutes les parties du corps d'une hydre peuvent également être remplacées, de manière que chaque morceau reproduit un animal entier, quel que soit le sens dans lequel on l'a divisé, qu'on l'ait coupé en travers, en long, ou en plusieurs lanières. Ces expériences, faites pour la première fois par Trembley, il y a déjà plus d'un siècle, ont occupé successivement Backer (3), Rœsel (4), Gœze (5), Treviranus, etc. (6). De nos jours, Laurent (7) les a reprises; et, en même temps qu'il en a fait ainsi la vérification, il a assigné avec plus d'exactitude les limites de cette activité reproductrice dans les diverses parties de l'hydre. Voici, en peu de mots, les résultats de ces nombreuses recherches.

En 1744, Abraham Trembley, ayant fendu une hydre dans le sens de sa longueur, vit, au bout d'une heure, se reproduire la forme de l'animal : après trois heures, celui-ci pouvait commencer à manger, mais il n'avait pas encore de bras; ils se développèrent plus tard. Cet observateur fit plus : il coupa des hydres en petits morceaux, dans toutes les directions, et chacun de ces morceaux redevint bientôt une hydre entière. Ainsi, que la division ait lieu en travers ou en long, la partie détachée du polype se complète également dans tous les cas : tout lambeau pousse des bras, acquiert une cavité alimentaire, et reforme un polype entier. Par la division incomplète, Trembley obtint encore une multiplication, mais une multiplication incomplète aussi, c'est-à-dire ne portant que sur les parties divisées; il obtint ainsi des hydres à deux têtes, à trois têtes, et jusqu'à sept têtes.

Mais, en même temps, Trembley observa et signala aux savants une grande différence entre les divers lambeaux du polype, sous le rapport de la rédintégration. Bien que les propriétés vitales soient disséminées dans tous les points de son tissu, et qu'elles se trouvent également réparties entre toutes les portions du corps de l'hydre, néanmoins quelques unes de ces parties, offrant dans ce petit animal une spécialisation commençante d'organisation, sont par cela même impropres à devenir de nouveaux points de départ d'une reproduction organique. Ainsi Trembley vit bien que les morceaux du corps ou de la tête, quelque petits qu'ils soient et dans quelque direction qu'ils aient été taillés, peuvent reproduire un polype, mais que les bras de l'animal, quoique celui-ci continue à vivre dans l'eau, sont incapables de former jamais une nouvelle hydre.

Les observateurs qui vinrent ensuite, ajoutèrent peu de chose à des notions si précises. Mais, dans ces dernières années, Laurent a pu les compléter d'une ma-

(1) *Observations sur les anémones de mer. Journal de physique*, t. I, II, III, V, VII, VIII, XVIII, XXXI, XXXII; et *Philosophical Transact.*, vol. LXIII, LXV, LXVII.

(2) *Mémoires pour servir à l'Histoire d'un genre de polypes d'eau douce, à bras en forme de cornes*. Leyde, 1744, avec figures.

(3) *Some observations on a polype. Philosophical Transactions*, vol. XLII, p. 616.

(4) *Der monatlich herausgegebenen Insecten-Belustigung*. 3 Theil. 1755, p. 433.

(5) Traduction allemande du *Mémoire de Trembley*, avec des additions. Quedlinburg, 1775.

(6) *Biologie*, t. III, p. 518.

(7) *Recherches sur l'hydre et l'éponge d'eau douce*. Paris, 1844.

nière heureuse. D'après lui, les bras ou tronçons de bras du polype d'eau douce, non continus à des morceaux de lèvres, avortent presque toujours, et, quoique pouvant vivre encore pendant plusieurs jours, deviennent très rarement de nouveaux individus. Les lambeaux du corps et de la bouche, avec ou sans bras, reproduisent des hydres complètes, et cela, pour ainsi dire, quelque petits qu'ils soient. Le pied entier ou des fragments de pied peuvent aussi régénérer une hydre, mais ils sont déjà susceptibles d'avorter dans leur développement. Les lambeaux du corps, qui ne comprennent que la peau externe ou la peau interne, ne produisent jamais de nouveaux individus; la coexistence de ces deux téguments paraît indispensable pour la régénération.

Laurent a donné aussi quelques détails intéressants sur les premiers phénomènes par lesquels se manifeste la régénération de l'hydre. Lorsqu'on coupe un tronçon transverse du milieu du corps, chacune de ses extrémités s'arrondit et semble se fermer, et la plaie est bientôt cicatrisée; puis, la couche de globules qui constitue la peau interne soulève la peau externe, et forme ainsi des tubercules qui, par leur allongement progressif, deviennent des bras complétement organisés; tandis qu'à l'autre extrémité cette même couche éprouve une sorte de retrait, et forme un tube continu, en avant, avec l'estomac, et prolongé, en arrière, jusqu'au disque qui fonctionne comme pied ventousaire. Quand il n'y a qu'un lambeau du sac stomacal, au lieu d'un tronçon complet, ses bords se rapprochent, s'affrontent, se soudent et se développent ensuite comme un lambeau transverse circulaire. Si le lambeau est si petit que ses bords ne puissent pas, en s'affrontant, produire des tronçons cavitaires, il prend une forme globuleuse; sa couche interne devient un noyau sphérique, qui finit par crever et produire la cavité stomacale et les deux orifices : alors, se forment le pied et les rudiments de bras, dont l'aspect reste toutefois plus ou moins monstrueux.

Tel est l'ensemble des faits de reproduction partielle que nous offrent, à des degrés divers, toutes les espèces du règne animal. Si l'on cherche maintenant la *loi qui préside à leur manifestation*, on verra que cette tendance de tous les animaux à la rédintégration est d'autant plus développée en eux que leurs parties constituantes sont plus uniformément similaires. En effet, lorsque la répartition des facultés vitales est parfaite, chaque partie est également propre à remplir toutes les fonctions; elle renferme en soi ce qui lui suffit pour devenir un centre d'actions quand elle est isolée, et pour déterminer la production de ce qui doit reconstituer le tout. Comme nous venons de le voir, chez l'hydre, ces conditions se trouvent réunies au plus haut degré. Chez les animaux un peu plus élevés, c'est-à-dire chez ceux qui ne sont pas formés de parties presque toutes homogènes, la reproduction de l'organisme entier ne s'effectue plus à la suite de divisions pratiquées en tous sens. Cependant si ces êtres sont composés d'une série de parties homogènes, dont le nombre augmente par le fait de l'accroissement, comme cela a lieu chez les vers, il peut encore y avoir reproduction; car les organes, tout spécialisés qu'ils sont, s'étendent néanmoins dans toute la longueur du corps, et sont doués dans toute cette longueur des mêmes facultés. Mais cette régénération ne se fait alors qu'à la condition que le fragment renferme des portions intactes de tous les organes. Ainsi, quand on divise certains vers en plusieurs tronçons par des sections transversales, chacun de ces segments étant formé de parties similaires, et réunissant tous les appareils indispensables à la vie, ganglions et cordons nerveux, vaisseaux

sanguins, tube intestinal, peau, etc., chacun peut devenir un centre nouveau de création, et reproduire l'animal entier. Mais il n'en est pas de même des lambeaux qui résultent d'une section longitudinale. On conçoit, par la même raison, qu'ils ne puissent plus régénérer l'être dont ils proviennent.

Dans les derniers degrés de l'animalité, chaque partie de l'organisme est douée des facultés de l'ensemble. Il n'y a ni centre de perception, ni centre d'action; mais tout est organe de perception, tout est organe d'action. L'animal est moins parfait, parce que rien n'est spécialisé en lui. N'ayant pas de centre perceptif, il n'est doué que de sensations obtuses; mais il est plus vivace. Répandues partout, les facultés vitales sont obscures, mais aussi plus tenaces: elles résident dans chaque fragment à un égal degré, et il n'en est presque aucun qui, isolé du tout, ne puisse reproduire l'ensemble. A mesure qu'on s'élève, la vie se perfectionne, et ce perfectionnement s'opère par un double mécanisme, analogue à celui que l'industrie a utilisé dans nos ateliers avec tant d'avantages: division du travail, concentration et unité de plan. Il s'introduit une division dans le travail physiologique, en ce sens que des portions de l'organisme sont affectées à certaines fonctions déterminées : chaque partie, dès lors, n'est plus douée des mêmes facultés que les autres parties; au lieu de les posséder toutes, elle se spécialise, et devient l'instrument d'une fonction; cet instrument, accommodé à un seul acte, est par conséquent plus parfait; en un mot, des appareils et des organes apparaissent. En même temps les facultés vitales se concentrent : il existe des centres nerveux où les perceptions arrivent et d'où partent les volitions; nombreux et disséminés d'abord dans toute l'étendue du corps, ceux-ci s'agrègent de plus en plus dans les animaux supérieurs, et, chez les êtres les plus parfaits, finissent par contenir dans leur masse unique tout le pouvoir de sensation et tout le pouvoir d'action. La vie s'élève donc, d'une part, en se concentrant et en acquérant de l'unité dans l'appareil des perceptions et de la volonté; d'autre part, en spécialisant ses organes pour les approprier chacun à une fonction particulière. Telle est la loi du perfectionnement organique, développée, il y a une vingtaine d'années, par Milne Edwards, et souvent reproduite depuis dans les nombreux écrits de ce naturaliste.

Que doit-il résulter de ce principe? Tant que, chez un animal quelconque, les organes communs à la plupart de ses facultés sont encore répandus suivant un certain trajet dans toute sa longueur, si l'on coupe cet animal en travers, il restera dans l'un ou l'autre de ses fragments tout ce qui est nécessaire à sa vie, et par conséquent ce seul fragment pourra reproduire l'animal entier. Mais, si on arrive à des animaux plus élevés, dont l'unité vitale est liée à l'unité anatomique de l'appareil sensitif et volontaire, cette faculté de reproduction se renfermera dans des limites de plus en plus étroites; elle n'ira jusqu'à régénérer que quelques parties relativement accessoires; elle deviendra plus obscure, et sera bientôt réduite, comme chez l'homme, à ses effets les moins sensibles.

Cependant un lien continu unit tous ces phénomènes les uns aux autres et les rattache à un même fait : la tendance générale de tout animal à se compléter. Cette tendance diffère si peu, d'un côté, de l'accroissement et de la nutrition normale, de l'autre, de la génération proprement dite, que son étude fait aisément sentir par quelles nuances insensibles on passe de la nutrition, de l'accroissement, de la reproduction partielle, à la génération elle-même; actes qui, au premier abord, et surtout dans l'espèce humaine, pourraient paraître si différents.

Nous avons exposé avec quelques détails l'ensemble des faits de reproduction partielle et le principe d'où découle la différence d'énergie de cette tendance des divers animaux à se compléter, parce qu'une pareille exposition est tout à fait propre à faire comprendre le moyen que la nature emploie normalement, à l'égard de quelques êtres, pour en conserver les espèces. Si Trembley, après avoir divisé en deux l'hydre d'eau douce, si Dugès, après avoir divisé en deux la planaire, ont vu les deux fragments se compléter, et par là reproduire deux hydres, reproduire deux planaires, nous voyons de même certains animaux inférieurs se diviser spontanément en deux parties, ces deux parties se compléter, et l'espèce se reproduire par ce seul acte. Ce singulier mode de génération, consistant dans une simple division, une scission de l'organisme souche en deux organismes secondaires semblables, a été désigné par les noms de *fissiparité* ou *scissiparité*.

Mais il s'en faut bien que la nature emploie ce mode de génération pour tous les animaux que l'expérience nous a démontrés en être susceptibles. La fissiparité naturelle est, en effet, beaucoup plus limitée que la fissiparité artificielle. Il est rare que les planaires, les hydres même se divisent spontanément. Cependant Dugès (1) s'est assuré qu'une espèce de planaire, la planaire subtentaculée de Draparnaud, est fissipare : c'est derrière le suçoir que la séparation s'opère ; l'individu postérieur est, par conséquent, plus petit que l'antérieur, qui, réparant plus rapidement ses pertes, peut bientôt en subir de nouvelles, et multiplier ainsi rapidement l'espèce, dont les individus sont très nombreux dans certaines eaux Laurent (2) a observé aussi la fissiparité chez les hydres, mais très rarement : ces polypes ne se divisent alors qu'en deux fragments, trois au plus, par une constriction transversale dans la partie la plus épaisse du corps. Rœsel (3) avait déjà fait la même observation. Siebold (4) dit que les madréporines se multiplient quelquefois par division longitudinale : tantôt la division est complète, tantôt elle est incomplète. Les éponges, bien qu'elles se reproduisent aussi par bourgeons et par spores, paraissent susceptibles de se multiplier par scission spontanée.

A quelques exceptions près, on peut dire que, jusqu'à présent, la reproduction scissipare n'a guère été observée que chez les infusoires.

De plus, tandis qu'on peut diviser les polypes d'eau douce dans tous les sens, et obtenir artificiellement de chaque fragment un nouvel individu, la scissiparité naturelle n'a jamais lieu que dans des *directions déterminées :* elle est longitudinale chez les uns, transversale chez les autres, ou alternativement longitudinale et transversale chez le même individu.

La division spontanée des infusoires avait été vue d'abord par Beccaria, et prise par lui pour un accouplement. En 1765, Saussure redressa cette erreur, et trouva la vraie signification du phénomène. Depuis, la scissiparité a été presque généralement admise dans la science, et, surtout dans ces derniers temps, vérifiée un grand nombre de fois par Ehrenberg, Dujardin, etc., chez les infusoires, chez les éponges et chez les vorticelles qui sont des espèces de polypes microscopiques d'une organisation très simple.

Voici, d'après Dujardin (5), comment s'accomplit le phénomène de cette divi-

(1) *Physiologie comparée*, t. III, p. 217.
(2) *Recherches sur l'hydre*, etc., p. 25.
(3) *Insecten Belustigungen*, t. III, p. 504 et 525, pl. LXXXIII, fig. 3.
(4) *Lehrbuch der vergleichenden Anatomie*, t. I, p. 44. Berlin, 1845-1847.
(5) *Annales des sciences naturelles*, 2e série, t. X, p. 291.

sion dans la *fissiparité transversale*. Un infusoire oblong, tel qu'une paramécie, un trichode, une kérone, etc., présente d'abord au milieu de son corps un étranglement qui devient de plus en plus prononcé; plus tard, la partie postérieure commence à montrer des cils vibratiles à l'endroit où sera la nouvelle bouche, puis cette bouche devient de plus en plus distincte; enfin la séparation s'achève en laissant voir la substance glutineuse intérieure étirée jusqu'à ce qu'elle se rompe. Les deux moitiés, primitivement courtes, arrondies, et comme tronquées, s'allongent peu à peu en s'accroissant, et finissent par ressembler à l'animalcule primitif. Nous avons représenté ici, d'après Ehrenberg (1), un exemple de cette division transversale, chez le *paramecium chrysalis* grossi trois cents fois. On voit, à côté d'un individu entier, celui qui se divise en travers; un troisième se multiplie par division longitudinale, de bas en haut.

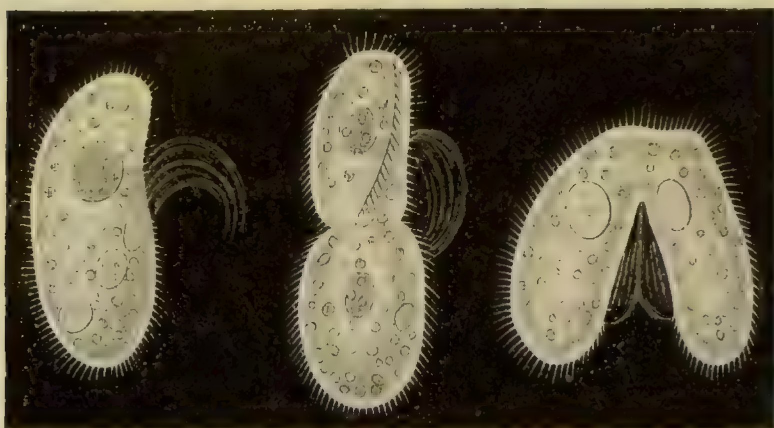


Fig. 1. *Paramecium chrysalis.*

Il est facile de vérifier le même mode de division, c'est-à-dire *la division en travers*, chez les euplotes charon et monostyle, l'amphileptus meleagris, les nassula elegans et ornata, le loxodes bursaria, le trachelius anaticula, le leucophrys sanguinea, etc.

Dans le cas de *fissiparité longitudinale*, le phénomène se produit d'une manière analogue; seulement les deux parties antérieure ou postérieure se séparent en dernier lieu, suivant que la division a lieu de bas en haut ou de haut en bas, de l'extrémité caudale à l'extrémité céphalique, ou de l'extrémité céphalique à l'extrémité caudale.

On vient de voir sur le paramecium chrysalis, à côté d'une scissiparité transversale, un exemple de scissiparité longitudinale ayant commencé *par l'extrémité postérieure* du corps, et ne laissant plus adhérents que par l'extrémité opposée les deux infusoires qui sont près de se séparer. Le même mode de division, d'arrière en avant, se retrouve chez la stylonychia pustulata, le chilodon cucullulus, et quelques autres encore.

Ailleurs, la division commence à se faire *par la bouche*, et de là s'étend jusqu'à la queue : c'est ce que montre la fig. 2 ci-jointe et empruntée à Ehrenberg (2). Elle représente, chez la *vorticella microstoma*, la scission progressant peu à peu de la bouche à l'extrémité postérieure du corps, jusqu'à ce qu'enfin le nouvel individu, ou plutôt un des nouveaux individus ainsi engendrés, se détache pour aller se fixer ailleurs, et laisse l'autre sur sa tige indivise. Nous verrons plus loin que ces vorticelles, comme les autres polypes, peuvent se reproduire aussi par bourgeonnement.

(1) *Die Infusionsthierchen als vollkommene Organismen.* Leipsick, 1838, p. 352, Pl. XXXIX, fig. VIII*, 5, 3, 4.
(2) *Die Infusionsthierchen*, etc.: pl. XXX, fig. III, α, β, γ, δ, ε.

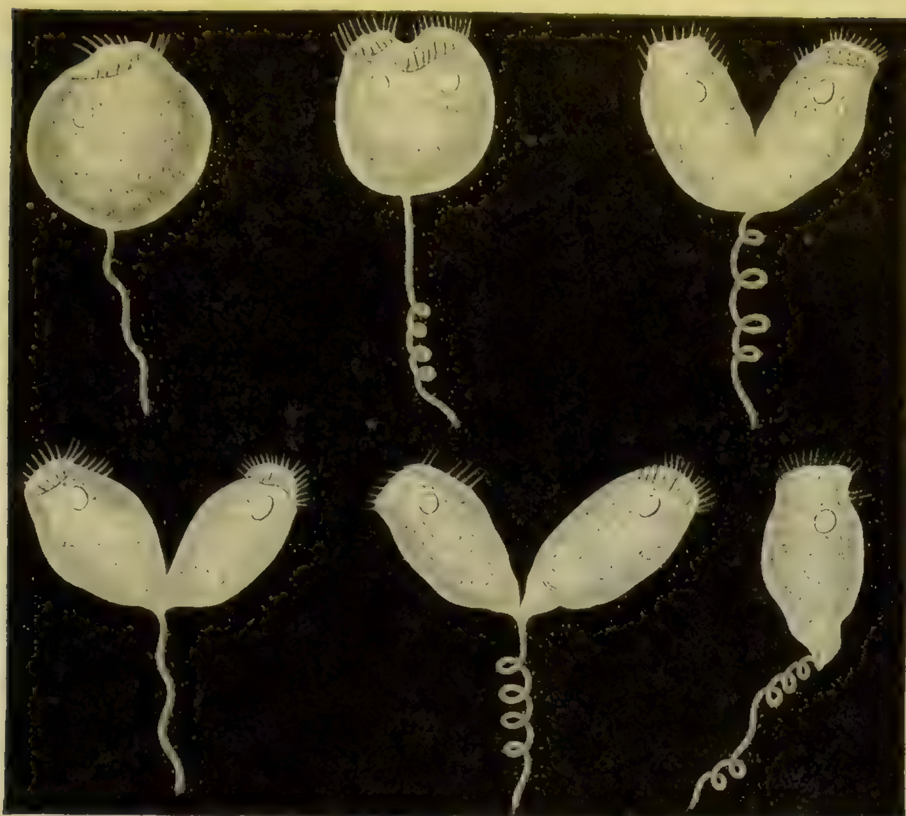


Fig. 2. *Vorticella microstoma.*

Enfin, chez le paramecium dont nous avons parlé, chez les colpodes, les bursaria, les opalina, les glaucoma, les stylonychia, les euplotes, les leucophrys carnium, le chilodon cucullulus, etc., on observe indifféremment *la fissiparité transversale et la fissiparité longitudinale.* C'est ainsi qu'Ehrenberg (1) a figuré le *chilodon cucullulus* (fig 3) se multipliant d'abord par une division longitudinale qui marche d'arrière en avant, puis un des nouveaux chilodons se divisant spontanément en travers, pour en produire deux autres.

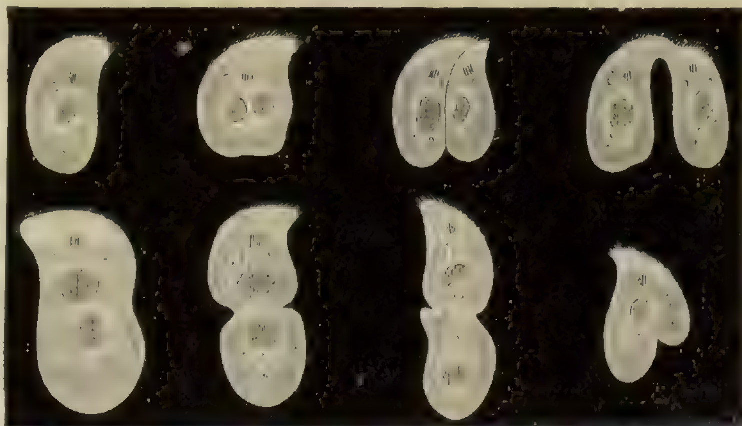


Fig. 3. *Chilodon cucullulus.*

Dans tous ces cas, un phénomène intérieur précède et semble déterminer, par son influence, la manifestation des phénomènes extérieurs que nous venons de décrire. Chez presque tous les infusoires, en effet, sans en excepter les rhizopodes (dont le corps n'est pas, comme celui des autres infusoires, nettement limité et muni de cils vibratiles), il y a, dans l'intérieur du corps, un corpuscule qui se dessine d'une manière tranchée, une sorte de noyau (*nucleus*) qui, par sa solidité, se distingue du parenchyme mou ou du sarcode qui l'entoure. Ces noyaux solides, dont la forme et le nombre varient beaucoup chez les différents infusoires, prennent une part essentielle à la division

(1) *Ouv. cit.*, pl. XXXVI, fig. VI, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19.

de ces animaux. Quand un infusoire se scinde en long ou en travers, le noyau, placé habituellement au milieu du corps, se divise aussi ; de sorte qu'après le partage, chacun des deux nouveaux individus possède à son tour un noyau. Il est même facile de juger, par les modifications dont celui-ci est le siége, qu'un des animalcules va se diviser : ainsi, chez les paramécies, les bursaria, les chilodons, etc., avant qu'on puisse apercevoir sur leur corps un sillon longitudinal ou transversal, leur noyau primitivement simple est déjà sillonné, ou même complétement divisé. C'est ce qu'on peut vérifier sur les figures précédentes. Le micrographe, à qui nous les avons empruntées, regarde ces corpuscules nucléolaires comme des organes générateurs (testicules ou ovaires); mais leur signification reste encore indécise. Sur ce point, comme sur beaucoup d'autres, Ehrenberg paraît avoir attribué aux infusoires une organisation beaucoup plus compliquée qu'elle ne l'est en réalité (1).

La scission spontanée est le plus souvent complète; mais, quelquefois aussi, elle demeure *incomplète*. Des monades, qui se divisent alternativement en long et en travers, mais sans que la séparation s'achève jamais, forment des espèces de mûres. Dans le cas d'une scission longitudinale continuelle, il se produit des séries d'individus unis par leurs bords latéraux. Dans celui d'une scission transversale continue sans séparation, on a des séries linéaires ou filiformes. Ehrenberg considère comme de tels systèmes les vibrions qu'on trouve composés tantôt de deux ou trois, tantôt d'un plus grand nombre de segments, et qui se font remarquer par un mouvement particulier de tremblotement. Les vorticellines ramifiées, qu'il nomme carchesium et epistilis, naissent d'une division incomplète de l'animal en deux portions demeurant unies ensemble par un prolongement de leur extrémité postérieure. Ce mode de division a lieu rarement chez les coraux ; mais on l'observe, d'après Ehrenberg, chez les caryophyllées, où il donne lieu à des formations dichotomiques, pénicillées, pédiculées, deux animaux naissant d'un, quatre de deux, huit de quatre, seize de huit, etc.

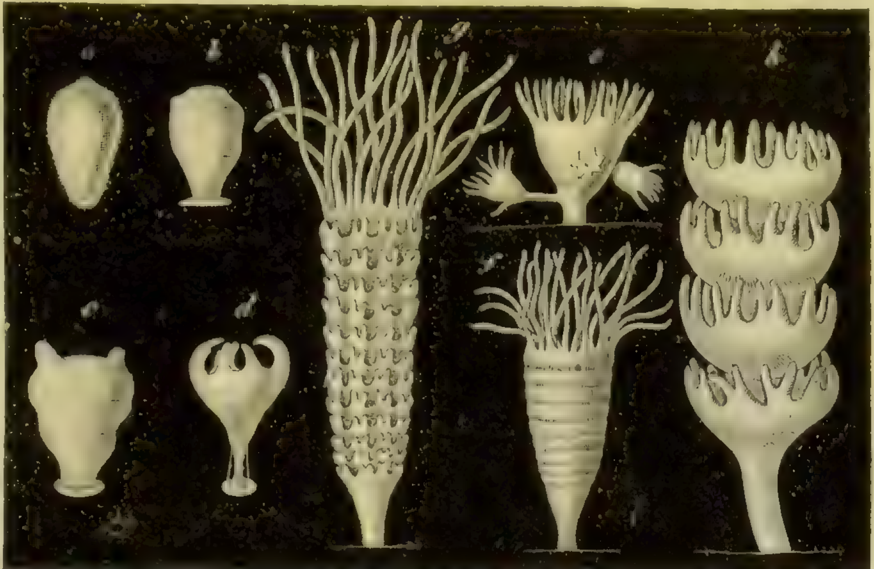
Enfin, des animaux beaucoup plus élevés, pourvus d'organes générateurs distincts, se propageant par des œufs, et munis d'ovaires et de testicules, sont eux-mêmes, *à une certaine période de leur vie*, soumis à la fissiparité. Sars (2), physiologiste danois, en a fait l'observation, il y a quelques années, chez les méduses. Les recherches antérieures de Siebold (3), celles que Dujardin (4) a faites récemment, ont confirmé ces curieux résultats, et en ont même étendu le champ.

Voici en quoi ils consistent : des œufs sphériques, contenus dans les ovaires (sur lesquels on voit les parties caractéristiques que nous décrirons plus loin, la vésicule et la tache germinatives, et dont le jaune se segmente, comme il arrive chez tous les animaux), donnent naissance à des jeunes, ovales ou ovalo-cy-

(1) Voyez à ce sujet Stannius et Siebold, *Lehrbuch der vergleichenden Anatomie*, t. I, p. 23.
(2) *Mémoire sur le développement de la* MEDUSA AURITA et de la CYANEA CAPILLATA, dans les *Annales des sciences natur.*, 2ᵉ série, Zoologie, t. XVI, p. 321. 1841.
(3) *Beiträge zur Naturgeschichte der wirbellosen Thiere*, p. 21. 1839.
(4) *Mémoire sur le développement des méduses et des polypes hydraires*, dans les *Annales des sciences naturelles*, 3ᵉ série, Zoologie, t. IV, p. 257; 1845.

lindriques : ceux-ci sont garnis de cils vibratiles, et sont contenus, pendant une certaine période de leur développement, dans des réceptacles nombreux qui se forment en même temps dans les quatre bras environnant la bouche de leur mère.

Fig. 4 et 5 (*). *Strobila. Cyanea capillata. Medusa aurita.*





Puis, ces jeunes quittent leur mère et nagent, comme des infusoires, pendant un certain temps; bientôt après, ils se fixent par une de leurs extrémités à un corps étranger sur lequel ils s'accroissent, tandis que par l'autre ils sont libres; une bouche s'ouvre à cette dernière extrémité, et peu à peu autour de cette ouverture se forme une couronne de tentacules.

Dans cet état polypoïde, qu'il est permis de considérer comme un état de larve, ces animaux peuvent se propager par bouture, à la manière des polypes, c'est à-dire par gemmes et par ce qu'on appelle des stolons. Les nouveaux animaux, qui se développent ainsi, ressemblent parfaitement aux larves primitives.

Enfin, après un espace de temps indéterminé, la larve se divise spontanément en une foule de segments transversaux qui tous deviennent de nouveaux animaux. Ces derniers (qui ne ressemblent pas à la larve) sont libres, nagent en tous sens, et offrent un corps en forme de disque, dont la périphérie est divisée en huit rayons bifurqués à leurs extrémités; ils ont une bouche quadrangulaire, en forme de tube et pendante, etc. A mesure qu'ils croissent, les rayons deviennent de plus

(*) **Fig. 4 et 5.** — *a* Petit de la *Cyanea capillata*, dans son premier état ou état d'*infusoire* : il vient de quitter les bras buccaux de sa mère, et il nage librement dans l'eau. *b État polypoïde.* La même larve s'est attachée par la grosse extrémité de son corps, et déjà à l'extrémité libre s'est formée la bouche entourée par un bourrelet circulaire. *c*, *d* Les tentacules se développent. *e* Des gemmes se développent sur son corps comme sur l'hydre de Trembley. *f*, *g*, *h* Transformation de l'état polypoïde au troisième état, ou état d'*acalèphe*, par scission spontanée transversale. *i* (fig. 5.) Un de ces segments transversaux détaché et nageant librement, désigné d'abord sous le nom de *Strobila*. *k* La *Cyanea capillata* qui en provient par le développement ultérieur des bras buccaux, des appendices, etc. *l* La *Medusa aurita* complétement développée, pour montrer comment les jeunes acalèphes, provenant d'autres polypes semblables à ceux qui viennent d'être figurés, prennent aussi peu à peu, après qu'ils sont devenus libres, les caractères de l'acalèphe mère.

en plus courts ; tandis que les intervalles entre ces rayons augmentent d'étendue et donnent naissance aux tentacules marginaux, la bouche se divise et se transforme en quatre tentacules buccaux ; enfin, ces animaux deviennent parfaitement semblables à leur mère (*méduse* ou *cyanea*). Ce n'est donc pas la larve, ou l'individu développé dans l'œuf, qui se métamorphose en acalèphe parfait ; ce sont les petits qui sont formés par fissiparité transversale ; ce n'est pas l'individu, mais c'est la race qui se métamorphose.

Ce que nous observons ici chez les acalèphes, relativement à la fissiparité, se reproduit chez d'autres animaux, les biphores, plusieurs espèces de vers, etc., sous le rapport du bourgeonnement ; c'est-à-dire que la race se compose d'une succession d'individus, dont les uns ont un mode de reproduction et les autres un autre. Ceux qui proviennent par bourgeons d'une première génération produisent des œufs qui donnent naissance à une troisième ; de sorte que la série complète des mêmes phénomènes génésiques ne se reproduit qu'après deux générations. Ce n'est donc qu'en réunissant une de ces générations à l'autre, qu'on parvient à connaître le type naturel, à compléter l'individu, à caractériser la race. De pareils faits s'éloignent assez de ceux qui servent de base à la notion de l'espèce pour que nous devions y insister plus que nous ne le faisons en ce moment : aussi y reviendrons-nous en parlant de la génération des animaux qui nous en offriront de nouveaux exemples.

II. GEMMIPARITÉ OU REPRODUCTION PAR BOURGEONS.

Le second mode de reproduction des animaux est le *bourgeonnement*. Comme chez les végétaux, il consiste dans l'accumulation, sur un certain point du corps, d'éléments organiques formant d'abord une éminence arrondie ou globuleuse, qui porte le nom de *bourgeon*. Ce bourgeon se creuse d'une cavité qui communique primitivement ou consécutivement avec la cavité de l'animal, et il se développe peu à peu, de manière à constituer un individu semblable à l'individu souche sur lequel il a pris naissance. Enfin, après son développement, tantôt le bourgeon reste uni au tronc primitif, tantôt il s'en sépare pour aller vivre ailleurs et se reproduire à son tour de la même manière. Tous les points du corps ne sont plus ici susceptibles de vivre après avoir été isolés, comme nous en avons vu des exemples dans la fissiparité ; mais il y a encore, dans ce corps, un certain nombre de points qui sont aptes à se développer en organismes nouveaux, et dans lesquels la vie finit par s'individualiser, de manière à reproduire l'espèce. Il n'y a plus division de l'organisme entier en parties également susceptibles de vivre, il n'y a pas encore formation de germes proprement dits : il y a seulement végétation, mode de reproduction intermédiaire aux deux autres.

Tantôt les bourgeons naissent directement sur le corps de l'animal qui les produit ; tantôt ils ne se développent qu'à l'extrémité de tiges rampantes, de fusées organiques plus ou moins longues, de véritables stolons, comparables à ceux qu'on observe chez quelques végétaux.

Quand les individus, nés de l'une ou de l'autre manière, par bourgeons directs ou par stolons, ne se séparent pas du tronc primitif, ils constituent les agrégations de polypes avec leurs divers caractères.

Il y a, en outre, des cas qui sont, pour ainsi dire, intermédiaires aux uns et

aux autres. Dans quelques espèces, telles que l'*hydra fusca*, l'adhérence subsiste encore, que déjà les enfants sont devenus parents à leur tour, et que l'ensemble représente un bouquet plus ou moins branchu : mais tôt ou tard, il y a séparation, et multiplication ultérieure de l'espèce.

C'est surtout chez les polypes que se réalise la gemmiparité ; elle y est *extérieure*. Chez les hydres (fig. 6) (*), les bourgeons ressemblent d'abord à de petites saillies arrondies. Ils naissent sur la surface cylindrique du corps, et peuvent se développer dans tous les points, excepté sur les bras. Ils apparaissent normalement à la base du pied, exceptionnellement sur tous les points du corps jusqu'au voisinage de la bouche. En général, on n'en observe pas, dans toute cette étendue, plus de quatre à la fois, disposés en croix ; mais quelquefois on en voit davantage. Jamais il ne s'en forme sur les bras et sur le pied; mais les bras peuvent pousser sans doute d'autres bras, puisqu'on trouve des bras bifurqués et même trifurqués, comme on rencontre quelquefois des queues de lézard partiellement doubles. Ces petites saillies, ces tubercules sont formés par une sorte d'hypertrophie du tissu maternel L'enveloppe externe ou cutanée, l'enveloppe interne ou stomacale, y participent également; et l'on voit, dès le principe, la naissance du futur bourgeon s'annoncer par une sorte de cul-de-sac de la membrane interne. Ces saillies grossissent en peu de jours; le point opposé à l'adhérence se couronne de mamelons dont l'allongement successif constitue les tentacules qui entourent la bouche; enfin, elles ne tardent pas à acquérir la forme de l'animal. Ainsi que l'avait déjà vu Trembley, la cavité de la nouvelle hydre communique avec celle de l'hydre mère; de sorte que la nourriture de celle-ci profite à la première, en passant directement dans son sac stomacal, et qu'elles ont ainsi une parfaite communauté de vie. Mais cette communication se supprime peu après que le nouveau polype a commencé d'allonger ses bras et son corps, et qu'il est devenu capable de saisir lui-même sa nourriture; une constriction circulaire étrangle sa base, elle se prononce peu à peu davantage, et finit par séparer complétement le jeune animal du polype générateur. Néanmoins le jeune polype lui reste encore adhérent pendant quelque temps, quoiqu'il soit tout à fait développé; de manière qu'il arrive une époque à laquelle, avant qu'il tombe naturellement, on peut le détacher sans qu'il cesse de vivre (1).

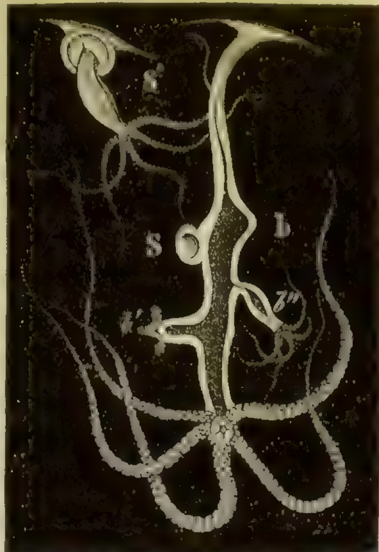


Fig. 6. *L'hydre.*

C'est aussi par *gemmiparité* que se reproduisent quelques infusoires, tels que

(*) Figure idéale représentant les divers modes de génération de l'*hydre*. *b* bourgeon dans le point où il se développe normalement; *b'* bourgeon plus avancé, sur lequel les tubercules, qui formeront plus tard les bras, commencent à paraître; *b''* bourgeon près de se séparer de la mère; déjà la cavité intestinale est isolée de celle de l'hydre, les bras sont développés, et le jeune animal est capable de se nourrir et de vivre seul.

(1) Voy. LAURENT, *Recherches sur l'hydre et l'éponge d'eau douce*, p. 2 et suiv. Paris, 1844.

les vorticelles et les vorticellines. Gruithuisen (1) et Ehrenberg (2) ont cité des exemples de cette multiplication. En décrivant la reproduction scissipare des vorticelles, nous avons déjà dit que ces polypes microscopiques se reproduisent aussi par bourgeonnement. En effet, sur un point de leur corps (fig. 7), près du pédicule, comme chez les hydres, on voit naître un bourgeon, lequel se développe peu à peu, acquiert bientôt des caractères tranchés, et finit par se détacher avant d'avoir acquis les dimensions de la vorticelle mère. Le nouvel individu ainsi développé, nageant librement dans l'eau, se multiplie quelquefois par division transversale, avant de se fixer et de se reproduire par une nouvelle scission longitudinale, ou par un nouveau bourgeonnement.



Fig. 7. *Bourgeonnement des Vorticelles.*

Sars (3) a observé le même mode de développement chez divers acalèphes. Mais c'est surtout chez les hydres, comme nous venons de le démontrer, et chez les autres polypes, qu'on observe la gemmiparité.

Chez les sertulaires, le bourgeon représente une proéminence obtuse et close du petit tronc, à laquelle conduit le canal commun de la tige, et qui acquiert peu à peu l'organisation du polype, dont les bras apparaissent par suite d'une fente qui s'ouvre à sa partie antérieure (4).

Parmi les entozoaires, la reproduction gemmipare est propre aux vers cystiques. D'après Meyen (5), dans le genre *cœnurus*, les vésicules sur lesquelles reposent les têtes individuelles sont en même temps un corps producteur de nouveaux individus, et ceux-ci proviennent de petits tubercules qui naissent sur la vésicule elle-même. Dans le genre *echinococcus*, les échinocoques devenus libres se métamorphosent en vésicules, sur la face interne ou externe desquelles apparaissent de nouveaux échinocoques qui, après y être demeurés attachés pendant quelque temps, au moyen d'un pédicule grêle, finissent par devenir libres. De là vient, dit J. Muller (6), que les générations mortes d'échinocoques représentent des vésicules dans lesquelles sont contenues d'autres vésicules, et auxquelles on a donné fort improprement le nom d'acéphalocystes. Dans ces cas, il y a donc gemmiparité *intérieure*. La gemmiparité intérieure, dit Dugès (7), est le propre des volvoces, des acéphalocystes, des pandorines, etc., dont l'intérieur se montre rempli d'animaux vésiculaires semblables à la vésicule mère, et dont les plus gros renferment souvent eux-mêmes d'autres individus qui en contiennent de plus petits; les plus petits adhèrent à la vésicule maternelle, dont ils sont une expansion, ce qui est surtout bien évident pour l'acéphalocyste granuleuse de Laënnec. La mère finit par périr,

(1) *Beiträge zur Physiognosie*, p. 308.
(2) *Infusionsthierchen*, etc., tab. XXV, fig. 32.
(3) *Mém. et rec. cit.*
(4) Kister, *Philosophical transactions*, p. 11; 1834.
(5) *Neues system der Pflanzenphysiologie*, t. III, p. 26-31.
(6) *Physiologie comparée*, t. III, p. 219.

lorsque sa famille a acquis un développement notable, et chaque individu change alors sa vie intra-maternelle pour la liberté, s'il est d'espèce vagabonde comme les volvoces. Spallanzani, qui a suivi cette formation successive jusqu'à la treizième génération, a cru, bien à tort, que c'était là une preuve de l'emboîtement et de la préexistence des germes; car il ne les a pu voir simultanément existants l'un dans l'autre au-delà du troisième degré, et O. F. Muller n'a aperçu que le quatrième.

Dans le cas de *gemmation extérieure* des polypes agrégés, tels que les coraux, les bourgeons ne tombent pas après s'être développés, comme il arrive dans les deux cas que nous venons d'examiner, c'est-à-dire chez les hydres et chez les entozoaires cystiques. Mais, en se développant et en devenant eux-mêmes le point de départ du développement de nouveaux bourgeons, ils accroissent sans cesse le nombre des individus; et ces individus, comme nous l'avons déjà dit, restent unis en générations cohérentes. De cette manière, le polypier grossit continuellement et prend des formes diverses (gorgones, coraux, etc.) souvent caractéristiques, suivant le sens dans lequel naissent les bourgeons. Le même effet se produit, soit que le bourgeonnement ait lieu sur le corps même des polypes, comme chez les alcyons, les alcyonides, les plumatelles, les cristatelles, etc.; soit qu'il ne se manifeste qu'à l'extrémité d'espèces de stolons, comme chez les ascidies, les xenines, les sertulaires, les alcyonelles, les zoanthus, etc. C'est surtout chez les bryozoaires, ordre de polypes que leur organisation plus élevée rapproche des mollusques, qu'on voit se former ces espèces de racines traçantes ou *stolons* sur lesquels naissent les jeunes. Tels sont les ascidies sociales, les ascidies composées, les biphores, etc. Les larves d'acalèphes, dont nous avons parlé, développent aussi quelquefois des bourgeons à l'extrémité de stolons.

Quant aux différences que peut présenter la direction du bourgeonnement, chez ces polypes agrégés, on observe, par exemple, que, chez les campanulaires, les bourgeons naissent des deux côtés dans certains points alternes, tandis que, chez les plumulaires, ils se développent d'un seul côté de la tige. Milne Edwards (1) a même démontré que les différences morphologiques et zoologiques de quelque importance, que présentent entre eux les polypes tubuliporiens, dépendent essentiellement de la manière dont naissent les bourgeons reproducteurs, et dont les jeunes polypes se soudent entre eux. Tantôt la série d'individus, provenant d'une suite de générations, ne se soude pas avec les séries voisines, et tous les individus dont elle se compose sont dirigés dans le même sens; il en résulte des crisidies à séries bien dressées et maintenues dans une position verticale, ou des alectos à séries rampantes et encroûtantes. Tantôt, tout en restant distincts des séries collatérales, tous les individus d'une même lignée naissent adossés les uns aux autres et se dirigent alternativement en sens opposé; de là les crisies qui restent dressées, les criserpies qui rampent dans toute leur longueur. Tantôt enfin, toutes les séries collatérales se soudent entre elles, et un même individu ne donne que rarement naissance à deux jeunes; de là les pustulopores, les hornères, les idmonées, etc. De ces circonstances dépend donc le mode de groupement des divers individus réunis dans un polypier commun, et ce mode de groupement fournit d'ordinaire les meilleurs caractères pour l'établissement des divisions génériques.

(1) *Annales des sciences naturelles*, 2e série, t. IX, p. 235.

Nous avons vu que, chez les polypes très simplement organisés, chez les hydres, le bourgeonnement peut se faire sur tous les points du corps, depuis la bouche jusqu'au pied; mais, si nous étudions le même phénomène sur des polypes d'une structure plus compliquée, nous voyons ce travail reproducteur commencer à se *localiser*, et ne plus se manifester que dans certaines parties. Ainsi, il résulte des recherches de Milne Edwards (1) sur les alcyonides, que, chez ces polypes, la végétation n'a pas lieu sur tous les points de la surface du corps, mais qu'elle y est déjà en partie localisée. Les bourgeons reproducteurs ne se forment que sur le trajet de certaines lamelles membraneuses, étendues longitudinalement dans l'épaisseur des parois du corps; de sorte que l'ouverture basilaire des jeunes polypes, ou leur communication avec la cavité maternelle est toujours placée de manière à interrompre un des replis longitudinaux de la cavité abdominale dont il naît. Du reste, ces alcyonides produisent aussi des germes ou spores propres à propager au loin leur race sédentaire, et ce sont précisément les parties susceptibles de donner naissance à cette espèce de végétation qui remplissent aussi les fonctions d'ovaire.

Dans les alcyonides, pendant longtemps la cavité abdominale se continue directement avec celle de la mère. Dans les alcyons, on observe le contraire : les jeunes, formés par le développement des bourgeons, ne communiquent avec elle que par l'intermédiaire du système vasculaire général. De plus, la partie qui donne naissance aux bourgeons reproducteurs est précisément celle qui n'appartient en propre à aucun des polypes réunis en masse, mais qui leur est commune à tous (2).

Chez les spongiaires, la même chose a lieu; et, comme il ne se forme pas de cavité intérieure, les bourgeons qui accroissent et reproduisent l'éponge forment des masses presque inanimées, quoique vivantes, communiquant entre elles seulement par des courants nutritifs.

Chez les synhydres, la localisation du travail est peut-être encore plus sensible et la spécialisation des organes reproducteurs est liée à d'autres conditions. D'après Quatrefages, qui a décrit le premier ce genre de polypes, le bourgeonnement n'a lieu, ni sur le corps de l'animal comme chez les hydres, les vorticelles, etc., ni sur certains points de ce corps, comme chez les alcyonides, mais sur la masse commune du polypier. Mais, ici encore, le bourgeonnement n'est pas le seul mode de génération : il se forme, en effet, des spores, des germes, qui se développent sur le polypier, vers la base des mamelons et du point d'attache des polypes, et qui sont susceptibles, après s'être détachés, d'aller se développer plus loin. Ce n'est pas tout : on observe, en outre, des corps reproducteurs intermédiaires aux bourgeons et aux spores, qui ne naissent ni sur le polypier, ni sur les polypes destinés à nourrir la colonie, mais sur des polypes plus petits, de forme différente, et paraissant affectés à cette seule fonction. Ces corps reproducteurs s'allongent; leur cavité, communiquant d'abord avec celle de la souche, s'en sépare après un certain temps; bientôt leur pied s'étrangle; puis ils se détachent, et vont, presque aussitôt après, en s'étalant par une de leurs extrémités, s'établir sur un autre point : des boutons tentaculaires naissent alors à l'extrémité opposée, et deviennent l'origine d'une nouvelle colonie, d'un nouveau polypier. Quatrefages (3) regarde ces corps comme des bourgeons, mais il les distingue sous

(1) *Ann. des scien. natur.*, 2e série, t. IV, p. 329.
(2) MILNE EDWARDS, *Rec. cit.*, 2e série, t. IV, p. 339.
(3) *Ann. des scien. natur.*, 2e série, *Zoologie*, t. XX, p. 240; 1843.

le nom de *bourgeons caduques* ou *bulbilles*. En réalité, ils sont intermédiaires aux bourgeons proprement dits et aux spores.

Enfin, chez plusieurs polypes, on voit quelquefois, même après la mort des polypes individuels, des bourgeons naître sur le polypier, comme on observe des bourgeons sur le tronc d'un végétal dépouillé de ses branches (1).

Chez des animaux bien plus élevés, nous retrouvons encore des exemples de bourgeonnement. Mais, au lieu d'être vague et presque uniformément répandue comme chez les hydres, ou limitée à un nombre de parties encore assez considérable, comme chez les alcyons, les alcyonides, les synhydres, la force reproductive est bien plus localisée, bornée à un espace beaucoup moindre, on peut même dire à la seule partie du corps qui soit le siége de l'accroissement pendant tout le jeune âge de l'animal. En effet, chez ces animaux, qui sont des annélides, c'est toujours entre le dernier et l'avant-dernier anneau que se manifestent les phénomènes de reproduction gemmipare. Ces phénomènes paraissent se lier, en outre, à une particularité sur laquelle nous avons déjà appelé l'attention; mais qui, à cause de son importance, mérite d'être signalée encore une fois.

Plusieurs annélides se reproduisent, partiellement du moins, par gemmiparité. Otton Frédéric Muller (2) a observé le premier ce phénomène sur une naïs, la *naïs proboscidea*. A mesure que cette annélide s'accroît, les anneaux se multiplient à l'extrémité postérieure de son corps. Au bout d'un certain temps, une partie de ces nouveaux anneaux commence à se séparer du reste de l'animal par un étranglement, au-dessus duquel la mère en reproduit d'autres, longtemps encore avant que la séparation définitive s'accomplisse. On peut de cette manière voir quelquefois une mère unie à trois jeunes naïdes, avec lesquelles elle forme un système qui s'est produit d'un des anneaux de son propre corps. J. Muller (3), qui rapporte ce fait, l'a mal interprété; car il attribue sa production à une scission transversale, tandis qu'il s'agit d'un véritable bourgeonnement, comme nous allons le démontrer tout à l'heure par un autre exemple.

O. F. Muller (4) avait aussi trouvé, sur les côtes de Danemark, une annélide de la famille des néréidiens, qui paraissait être en voie de se reproduire par bouture, et qui traînait après elle un second individu, auquel elle adhérait organiquement. Cet observateur, ne poussant pas plus loin ses investigations, se borna à figurer ce double ver et à l'insérer dans son catalogue descriptif, sous le nom de *nereis prolifera*.

Quatrefages (5) s'est récemment appliqué à l'étude de ce phénomène qui n'avait pas été apprécié à sa juste valeur par les zoologistes. Sur les côtes de la Bretagne, il a vu, chez un grand nombre de syllis, et à une certaine époque de leur vie, un individu nouveau se développer à la partie postérieure du corps. D'abord confondue avec la mère par l'uniformité de ses anneaux, la jeune syllis s'en sépare plus tard par un étranglement, et finit par se diviser tout à fait, après que les premiers anneaux du tronçon postérieur se sont modifiés de manière à constituer une tête. Une jeune annélide, semblable à la première, se trouva ainsi développée par l'effet d'un bourgeonnement tout à fait comparable à celui par lequel se multiplient les polypes.

(1) EHRENBERG, *Die Corallenthiere des rothen Meers*. Berlin, 1834.
(2) *Naturgeschichte einiger Wurmarten des süssen und salzigen Wassers*. Copenhague, 1800.
(3) *Manuel de physiologie*, t. II, p. 562; 1845.
(4) *Zoologica Danica*. t. II, p. 15, pl. LII, fig. 5, 9.
(5) *Ann. des sciences natur.*, 3e série, *Zoologie*, t. I, p. 22.

Mais, chose remarquable, tandis que la jeune et la vieille syllis se ressemblent assez par leurs caractères extérieurs, elles sont douées l'une et l'autre de fonctions bien différentes. La vieille continue à se nourrir de la manière ordinaire, à exécuter toutes les fonctions nécessaires à la conservation de la vie, et elle ne tarde pas à se compléter, en reproduisant une queue semblable à celle qu'elle a perdue. Le jeune individu, au contraire, formé aux dépens de cet organe, est destiné exclusivement à la multiplication de l'espèce. Son canal alimentaire tend à s'atrophier, et l'animal paraît ne se nourrir, pour ainsi dire, que des matières préexistantes dans son corps : mais il renferme la totalité des organes générateurs que possédait la syllis agrégée dont il faisait partie, et, après sa séparation, il continue de vivre pendant assez longtemps pour que ces organes remplissent leurs fonctions, produisent soit des œufs, soit des spermatozoïdes, et assurent de la sorte la perpétuité de l'espèce.

Ainsi, tandis que l'individu primitif, qui était provenu d'un œuf, a produit un second individu par gemmiparité, celui-ci, à son tour, est uniquement destiné à la reproduction sexuelle. Chez les syllis, comme chez les méduses, l'espèce se compose donc, en quelque sorte, de plus d'un individu. De même que nous avons vu des œufs de méduses donner d'abord naissance à des polypes hydraires, qui, en se divisant spontanément, formaient de nouvelles méduses ; de même nous voyons des œufs de syllis donner naissance, non à une larve (si on peut donner ce nom à ce premier état transitoire) aussi différente de la syllis qui les a pondus que les polypes paraissent au premier abord différents des méduses, mais à une annélide qui est douée en apparence de tous les caractères des syllis. Cependant cette annélide est jusqu'à un certain point incapable de reproduire l'espèce : cette première syllis, par les progrès de la nutrition et de l'accroissement, devient seulement susceptible de pousser un bourgeon, lequel forme bientôt un nouvel individu ; et c'est ce nouvel individu qui, inhabile d'ailleurs à entretenir longtemps sa propre vie et à s'accroître, n'existe en réalité que pour la génération : des œufs ou des spermatozoïdes se développent dans ses organes reproducteurs, après quoi il cesse de vivre. Ici donc la notion de l'espèce est encore complexe et doit comprendre évidemment celle de l'un et de l'autre individu. Ce phénomène est en même temps bien propre à faire saisir la nature des deux fonctions de nutrition et de génération, les limites qui les séparent l'une de l'autre, ou plutôt le lien qui les unit. Effectivement deux individus, qui se succèdent, se partagent, pour ainsi dire, ces deux fonctions. Le premier se nourrit, s'accroît jusqu'au point de pouvoir végéter, bourgeonner et produire, par ce mode très simple, un nouvel être qui paraît lui ressembler : mais on dirait qu'épuisé par cet acte, il est devenu incapable de produire des œufs ou des spermatozoïdes ; dépourvu d'organes reproducteurs, il ne peut émettre des germes qui iraient se développer au loin. Le second, au contraire, est spécialement doué des organes de la génération : résultant, en quelque sorte, d'une exagération de nutrition et d'accroissement du premier, il ne se nourrit ni ne s'accroît lui-même ; son rôle se borne à assurer la reproduction ; toute l'activité vitale qui est restée concentrée en lui, il l'emploie à créer et à émettre les germes destinés à perpétuer l'espèce.

Revenons à la gemmiparité des annélides. Sur une annélide des côtes de la Sicile, Milne Edwards (1) a observé, par rapport au bourgeonnement, des faits plus

(1) *Observations sur le développement des annélides*, dans les *Ann. des sc. natur.*, 3e série. *Zoologie*, t. III, p. 170 ; 1845.

curieux encore que ceux que nous venons de signaler chez les naïs et les syllis. Chez ce ver, auquel il a donné le nom de Myrianide à bandes (*Myrianida fasciata*, fig. 8) (*), l'individu souche, au lieu de produire par bourgeonnement un seul petit, en forme jusqu'à six, qui sont réunis en chapelet à l'extrémité postérieure de son corps, et qui, de même que chez les syllis, renferment les organes de la génération, parties dont l'individu souche est lui-même privé.

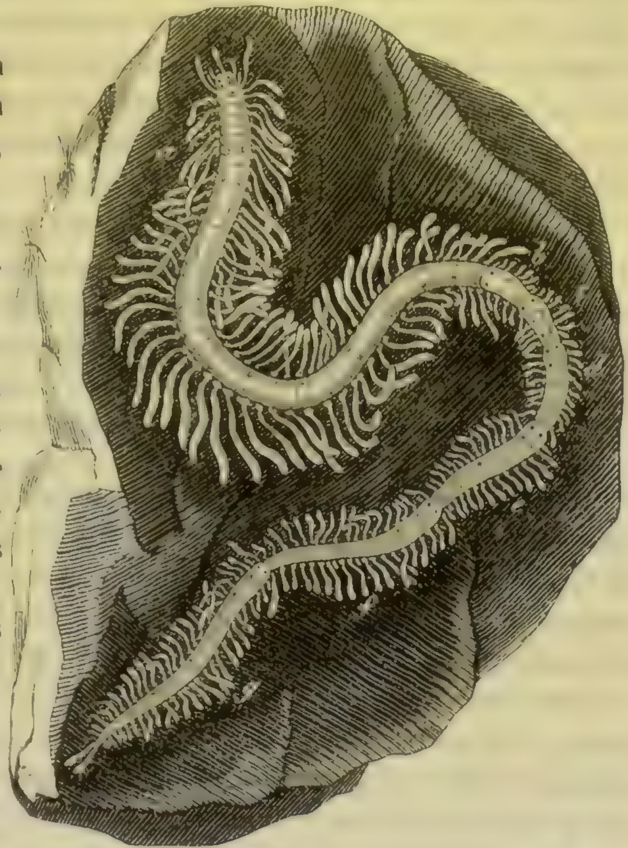


Fig. 8. *Myrianide à bandes.*

Or, ces petits se constituent précisément dans le point où naissent les nouveaux anneaux chez les larves d'annélides, c'est-à-dire entre le segment caudal ou anal et le dernier segment du tronc ; mais tous ne se forment pas en même temps, et ils sont d'autant plus jeunes qu'ils sont placés plus près de l'individu producteur. On voit, sur la figure 8, que le petit, qui s'était formé le premier, devait, dans le principe, se trouver entre le segment terminal du tronc de l'annélide adulte et son anneau caudal, qui, refoulé en arrière par le bourgeon reproducteur, aura dès lors cessé d'appartenir à l'annélide mère, et sera devenu un des zoonites constitutifs de l'être en voie de formation. Le second petit, situé au devant du premier, a dû se développer entre celui-ci et le même anneau terminal du tronc de l'adulte ; il ne pouvait être en rapport avec l'anneau caudal primitif, et il ne peut être considéré que comme étant produit sous l'influence du dernier anneau du tronc de l'individu souche. Il en aura été de même pour le troisième petit, puis pour le quatrième, et ainsi de suite.

Il est aussi à noter que, dans ces reproductions par bourgeons, les jeunes individus se sont développés de la même manière que lorsqu'ils provenaient d'un embryon. En effet, le nombre de leurs anneaux a augmenté peu à peu ; c'est la tête et l'anneau caudal qui se sont constitués d'abord, et c'est entre le dernier segment de la série céphalique ou ses dérivés et le segment anal que s'est formé successivement chaque zoonite nouveau. Ainsi, le plus jeune de ces singuliers animaux, réunis en chapelet à l'arrière du corps de l'individu souche, se composait de dix anneaux seulement, tandis que le second en avait quatorze, le troisième seize, le quatrième dix-huit, le cinquième vingt-trois, et le sixième, qui était l'aîné de tous, et qui terminait postérieurement cette série, en présentait trente. Il était

(*) La fig. 8 représente la myrianide à bandes, grossie au double, avec six petits développés successivement et par bourgeonnement à son extrémité postérieure. *a* L'individu mère ; *g* le premier des petits, c'est-à-dire le plus âgé ; *f* le second ; *e* le troisième ; *d* le quatrième ; *c*, *b* le cinquième et le sixième composés à peine de quelques anneaux.

en même temps facile de se convaincre, ajoute Milne Edwards, que, chez chacun de ces petits êtres, la série des anneaux du tronc s'était formée d'avant en arrière: ces anneaux étaient d'autant plus avancés dans leur développement qu'ils étaient situés plus près de la tête, qui pourtant offrait à peu près le même volume; enfin l'anneau caudal était partout plus complet que les segments postérieurs du tronc, de sorte que, suivant toute probabilité, c'était entre ce segment terminal et le dernier segment du tronc que se constituait chacun des zoonites nouveaux dont l'organisme s'enrichissait.

Ces détails caractérisent assez le curieux phénomène de reproduction dont il s'agit, pour montrer que tous ces exemples de multiplication d'annélides sont des cas de reproduction gemmipare ou par bourgeonnement, et nullement de fissiparité. Nous croyons donc n'avoir pas besoin d'y insister davantage.

III. OVIPARITÉ OU REPRODUCTION PAR GERMES.

Nous venons de voir certains animaux inférieurs se reproduire, tantôt par la scission naturelle de leur corps en deux parties également aptes l'une et l'autre à reconstituer le type, tantôt par la formation de bourgeons sur certains points du corps, par la végétation de ces bourgeons, et leur séparation quand ils ont atteint les caractères de l'espèce. Nous avons vu également que toutes ou presque toutes les portions de l'animal étaient susceptibles de se compléter après le phénomène de la division spontanée, et que la force reproductrice résidait également dans chacune d'elles, tandis que nous avons retrouvé, seulement dans des points déterminés, la faculté végétative qui préside au développement des bourgeons. Cette tendance à la concentration des forces qui produisent l'être nouveau, à la spécialisation des facultés procréatrices et des organes reproducteurs, se prononce de plus en plus, et, en se localisant, imprime à la fonction un nouveau caractère de perfectionnement. C'est ce qui se réalise, chez les animaux les plus élevés, à l'aide de la *procréation par germes.*

En général, il faut entendre par *germes*, des amas de matière organique, se formant dans des organes spéciaux, et susceptibles de devenir, d'eux-mêmes ou par l'adjonction d'un autre élément, des corps organisés semblables à ceux qui les ont produits. Le germe diffère du bourgeon en ce qu'il ne se développe pas, comme celui-ci, sur l'être vivant qui l'a formé : contenant en lui-même, primitivement ou consécutivement, tout ce qui est nécessaire à la formation d'un être nouveau, il ne se développe, pour constituer le jeune, qu'après s'être détaché de l'individu souche, tout à fait isolé de lui, et à une distance plus ou moins éloignée. Quand les apparences sont différentes, cela ne vient pas de ce que le germe s'est développé sur la mère, mais seulement de ce que, par l'effet de certaines circonstances d'organisation, il a dû contracter avec elle de nouveaux rapports; comme il arrive, par exemple, pour les œufs qui se développent dans une poche particulière, créée à cet usage, destinée à nourrir l'embryon tout le temps de sa première formation, et qu'on nomme *matrice.*

Ou bien ces germes, avons-nous dit, peuvent se développer primitivement, spontanément, d'eux-mêmes, sans l'adjonction d'aucune autre matière germinative; ou bien, au contraire, ils ne donnent naissance à un nouvel être qu'après s'être préalablement unis à une matière germinative différente, destinée à les compléter, et dont l'influence est indispensable à la manifestation de leurs propriétés repro-

ductives. Les germes de la première espèce ont reçu le nom de *spores;* ceux de la seconde, de beaucoup les plus nombreux, les seuls peut-être qui soient affectés à la multiplication des animaux, portent celui d'*œufs* ou d'*ovules*.

Tous les végétaux désignés par les botanistes sous le nom de cryptogames se reproduisent par *spores*. On n'a pas observé, chez eux, la formation d'un élément mâle, nécessaire, comme chez les autres plantes, au développement du germe, et l'on a appelé *spores* leurs corpuscules reproducteurs, pour les distinguer des ovules qui, chez les végétaux phanérogames, ne se développent qu'après avoir subi l'influence du pollen ou de la fovilla.

Il est douteux que, chez les animaux, il existe un seul exemple de ce mode de reproduction. Si l'on distingue de ce qu'on entend réellement par spores, les bourgeons caducs ou bulbilles, dont nous avons parlé en décrivant les divers modes de gemmiparité, il est vraisemblable que, dans tous les cas où l'existence d'organes génitaux doubles n'a pas été constatée encore, les corpuscules reproducteurs ne reçoivent néanmoins leur aptitude à se développer, que de l influence qu'exercent l'un sur l'autre deux individus de sexes différents, ou du moins deux éléments matériels différents, élaborés chez le même individu.

Toutefois, on a longtemps admis la reproduction à l'aide de spores, chez un grand nombre d'êtres inférieurs, et notamment, parmi les zoophytes, chez les acalèphes et les polypes.

Laurent (1) croit à ce mode de génération, pour la spongille et l'hydre de Trembley. Il a figuré, chez la spongille ou éponge d'eau douce, des corpuscules reproducteurs, qui paraissent aptes à se développer sans avoir contracté d'union avec aucun élément organique différent. Ces corpuscules, qui seraient de véritables spores, se séparent, à certaines époques, de la masse amorphe de l'éponge, nagent dans l'eau à la manière de la plupart des infusoires, c'est-à-dire à l'aide des nombreux cils vibratiles qui sont implantés sur toute la surface de leur corps, puis se fixent aux branches des végétaux aquatiques ou à quelque autre objet submergé. Devenus alors immobiles, ils prennent de l'accroissement; n'offrent plus que les phénomènes de mouvement vague et de contraction plus ou moins sensible qui appartiennent aux éponges; se caractérisent par la formation de spicules, qui leur constituent une charpente d'une solidité variable, comme il arrive chez tous les autres spongiaires; enfin, deviennent le siége de courants plus ou moins actifs, destinés à favoriser sur tous les points le travail de la nutrition.

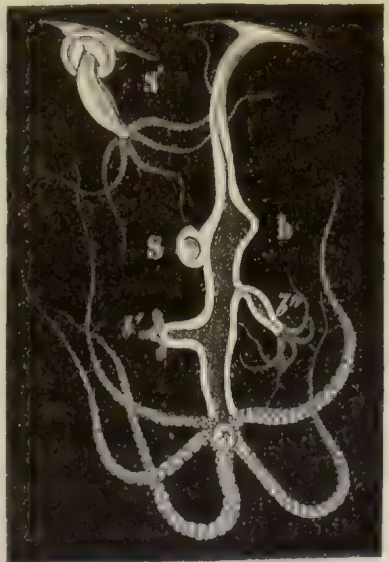


Fig. 9. *L'hydre.*

Le même observateur décrit aussi, comme de véritables spores, les germes *s* qu'on voit se développer, à certains moments de l'année, chez le polype d'eau douce (voy. fig. 9.).

Ces spores ou ces œufs se manifestent, comme les bourgeons, le plus souvent, à la base du pied, quelquefois sur tous les points de l'enveloppe externe de l'animal. Ils ne paraissent que

(1) *Recherches sur l'hydre et l'éponge d'eau douce*. Paris, 1844.

dans l'arrière-saison, lorsqu'aucun autre bourgeon ne se développe, et ordinairement au nombre de quatre à la fois, tous de même grandeur, sous la forme de pustules à base large, qui deviennent de plus en plus sphériques. Après avoir acquis leur plus grand volume, ils distendent la peau, la déchirent et s'échappent au dehors. Leur enveloppe mucoso-cornée paraît constituer une véritable coque, et leur contenu fluide renferme un grand nombre de globules. Dans chacun de ces corpuscules, se développe un polype, et l'animal en sort tantôt par l'extrémité postérieure, tantôt par la tête, *s*, pour aller se fixer et vivre dans l'eau, à la manière de l'individu qui lui a donné naissance.

Ces observations de Laurent confirment et complètent les observations antérieures de Pallas, Wagler et Ehrenberg. Cependant les recherches de quelques autres anatomistes paraissent prouver que ces prétendus spores ne sont autre chose que des œufs, et que leur formation, chez l'hydre, coïncide avec la production d'un autre élément, dont l'action est indispensable à leur développement ultérieur. Sous ce rapport, le polype d'eau douce se comporterait donc comme la plupart des autres polypes, sur lesquels nous possédons des notions plus précises, c'est-à-dire que, chez eux, comme chez les animaux qui leur sont supérieurs, la reproduction consisterait dans l'union et dans l'action réciproque des deux éléments organiques, dont nous allons bientôt décrire les caractères généraux. D'après Siebold (1), ces deux parties se forment, chez l'hydre, sur le même individu; tandis que, chez quelques autres, elles ne se développent que sur des individus distincts, ou même, comme il arrive pour plusieurs êtres de la même classe, sur des animaux appartenant à des polypiers différents.

Cependant une exception bien remarquable à un principe aussi général se réalise chez certains insectes, c'est-à-dire chez des animaux d'une organisation très élevée, dont la génération se fait toujours par le concours des sexes, et pour lesquels, plus peut-être que pour d'autres, l'union des œufs et du sperme semble être une nécessité de la reproduction. Cette exception, encore inexpliquée, et néanmoins constatée avec toute la garantie que peuvent donner à un fait les soins des observateurs les plus illustres, est relative à la génération des *pucerons*. Personne n'ignore que les pucerons sont de petits insectes hémiptères, qui s'attachent en grand nombre aux jeunes pousses de certains végétaux, de hêtre, de rosier, etc., en sucent les humeurs, en recoquillent les feuilles et y occasionnent des enflures d'une grosseur quelquefois monstrueuse. Ces animaux vivent en troupes considérables, et se multiplient dans l'été avec une grande facilité : toutefois, au moment où, sous l'influence de la chaleur, leur fécondité est extrême, il n'y a parmi eux aucun mâle. Déjà Leeuwenhoek (2) avait reconnu que les pucerons femelles sont vivipares, et que les petits sortent de leur corps la tête la dernière. D'après une indication de Réaumur (3), Charles Bonnet (4) entreprit, en 1740, une série d'observations sur un puceron, séquestré à la sortie du corps de sa mère, et sur les générations qui en provinrent, pour décider si ce puceron se multiplierait sans accouplement. Ses expériences eurent un plein succès, et démontrèrent que, même pour un nombre considérable de générations, l'accouplement n'était pas

(1) *Lehrbuch der vergleichenden Anatomie*. Berlin, 1845, t. I, p. 46.
(2) *Arcana naturæ*, t. I, lettre 90.
(3) *Mémoires sur les insectes*, t. III, p. 329.
(4) *Œuvres complètes*. Neufchâtel, 1779, t. I, p. 1 et suiv.

nécessaire : Bonnet alla jusqu'à la neuvième génération. En 1825, Duvau (1) a repris l'étude du même phénomène, et a constaté encore la viviparité des pucerons, sans accouplement, jusqu'à la onzième génération. De Geer, Frisch, Réaumur et Lyonnet avaient vérifié et répété souvent les observations de Bonnet, de sorte que le fait est complétement hors de doute. Mais, vers la fin de l'été, en général après sept ou huit générations, on voit naître des individus différant un peu, par leur forme, des femelles qu'on avait seules observées jusqu'alors : ce sont des mâles. Bientôt l'accouplement a lieu, et il en résulte, non plus la naissance de petits pucerons vivants, mais la ponte d'un grand nombre d'œufs. Tandis que le mâle et la femelle meurent dans l'automne, l'œuf résiste au froid de l'hiver, et, à la nouvelle saison, il donne naissance à une femelle, laquelle produit elle-même une nouvelle génération vivipare, celle-ci une autre et ainsi de suite, jusqu'à la fin de l'été, et jusqu'à la naissance de nouveaux mâles.

Telles sont les principales phases de ce singulier phénomène, dont il est encore difficile de donner une explication satisfaisante. On avait d'abord supposé que les pucerons sont hermaphrodites; mais Léon Dufour, Dutrochet (2) et quelques autres anatomistes ont disséqué avec soin les appareils générateurs des femelles, sans y rencontrer aucun organe analogue à ceux qu'ils ont observés chez les mâles. Dutrochet a même vu les fœtus de pucerons, contenus dans les tubes ovariques, d'autant plus gros qu'ils étaient plus près de l'oviducte, et le derrière tourné vers ce conduit excréteur, ce qui coïncide avec l'observation de Bonnet et de Leeuwenhoek, qui ont vu les pucerons naître à reculons. On est donc obligé de rapporter ce mode de génération à un de ceux dont nous nous sommes occupé jusqu'à présent. Peut-être se forme-t-il des spores intérieurs, qui, au lieu de se développer seulement hors du corps maternel, comme les spores de l'éponge ou du polype d'eau douce, donnent naissance aux jeunes dans les organes mêmes où ils se sont produits. Peut-être ces petits pucerons sont-ils dus à un bourgeonnement intérieur, analogue à celui que nous avons décrit chez un certain nombre d'animaux inférieurs, en traitant de la gemmiparité; et nous inclinons volontiers vers cette seconde hypothèse, puisque l'existence de véritables spores est tout à fait problématique et de moins en moins probable : seulement, cette faculté de bourgeonner, que nous avons vu passer, à mesure qu'on s'élève dans la série animale, de l'extérieur du corps à l'intérieur, de la surface générale à un point de plus en plus limité et enfin à un appareil spécial, se trouverait localisée, chez le puceron, dans un seul organe, qui d'ailleurs, comme chez tous les animaux, et chez l'hydre lui-même, jouirait également de la faculté de produire des bourgeons et de celle de former des œufs.

Quant à l'intérêt que présente le même fait, relativement à la série de générations qui se succèdent depuis l'apparition d'une génération de mâles jusqu'au retour d'une nouvelle génération de mâles, ce mode multiple de reproduction paraît se rapprocher, par son essence, de celui que nous avons signalé déjà à propos des reproductions par scissiparité (3) et par gemmiparité (4). Il en est peut-être des pucerons comme de quelques acalèphes, comme de certaines annélides : l'individu

(1) *Nouvelles recherches sur l'Histoire naturelle des pucerons. Ann. des sciences nat.*, 1re série, t. V, p. 224 ; et *Mémoires du Muséum*, t. XIII.

(2) *Annales des sciences naturelles*, 1re série, 1833, t. XXX, p. 204.

(3) *De la génération*, t. II, p. 38.

(4) *De la génération*, t. II, p. 46.

né d'un œuf commence, sous l'influence de la saison, de certaines circonstances, ou de sa propre organisation, à se reproduire par bourgeonnement, et c'est seulement après une ou plusieurs reproductions de ce genre, que reparaissent dans sa race la disposition sexuelle, la séparation des sexes, et toutes les conditions de l'oviparité. Ici encore, le type spécifique ne serait pas limité à un individu, mais il s'étendrait à toute une race, comprise entre deux générations successives de mâles. Assurément, le nombre immense de générations vivipares des pucerons donne, avec plusieurs autres circonstances, un degré de complication plus grand à ce singulier phénomène; pourtant il paraît possible de l'assimiler à ceux que nous venons de rappeler.

Quoi qu'il en soit, chez la plupart des animaux qui se reproduisent par germes, sinon chez tous, il est nécessaire, comme nous le disions tout à l'heure, que le germe s'unisse à un autre élément organique, pour devenir susceptible de se développer. On le nomme alors *œuf* ou ovule, et on appelle *sperme* la matière vivifiante qui le complète. L'acte par lequel le sperme s'unit à l'œuf et rend celui-ci apte à devenir, par les progrès de l'évolution, un animal semblable à celui dont il provient, est désigné sous le nom de *fécondation*.

Avant d'étudier comment cet acte s'accomplit, dans l'espèce humaine, et quels phénomènes le précèdent ou le suivent, nous décrirons, d'une manière générale, les parties constituantes de l'œuf et du sperme, et les divers modes par lesquels s'opère la fécondation, dans la série animale.

Notions générales sur l'œuf, le sperme, la fécondation et les divers modes d'oviparité.

Chez tous les animaux, l'*œuf* se compose d'une enveloppe membraneuse, et d'un contenu. L'enveloppe porte le nom de *membrane vitelline*, le contenu a reçu celui de *jaune* ou *vitellus*. Une troisième partie essentielle se trouve suspendue dans le jaune, dans un point ordinairement rapproché de sa périphérie, c'est la *vésicule germinative*, laquelle renferme elle-même, chez un grand nombre d'espèces, une ou plusieurs *taches germinatives*.

Nous décrirons exactement chacune de ces parties dans l'étude de l'œuf humain, et alors seulement nous pourrons faire connaître, d'une manière complète, les différences qui existent entre les œufs de tous les animaux, le rôle que joue chacun de leurs éléments, le mode de formation de ces derniers, et, par conséquent, l'origine et le développement de l'œuf avant la fécondation. Maintenant nous devons nous borner à signaler les faits principaux, et à donner une idée générale de la constitution de l'œuf.

La membrane vitelline est ordinairement transparente, tantôt mince et fibreuse comme chez les oiseaux, tantôt épaisse et d'une structure plus obscure comme chez les mammifères. Sa face interne est en rapport immédiat avec la sphère vitelline; sa face externe touche d'abord à l'ovaire, ou aux granules de la vésicule de De Graaf, plus tard à la première couche d'albumine qui se dépose autour de l'œuf.

Le jaune de l'œuf est très abondant, et forme une sphère volumineuse chez les oiseaux, les reptiles, les poissons cartilagineux, les céphalopodes et peut-être encore chez quelques autres invertébrés; il ne représente qu'un petit sphéroïde chez tous les autres animaux, notamment chez l'homme et les mammifères. Il est composé, chez

les premiers, de vésicules d'un volume assez considérable et remplies de fins granules; chez les seconds, de globules pleins, très petits, ou plutôt de véritables granules, comparables à ceux qui remplissent les vésicules vitellines des premiers. Sa couleur, sa consistance et ses autres propriétés physiques varient d'ailleurs assez, d'une classe à une autre, et quelquefois d'espèce à espèce. Sa composition chimique est plus uniforme : le vitellus, en effet, paraît toujours formé d'une quantité plus ou moins considérable de matière grasse ou huileuse, mélangée à un élément albuminoïde.

La vésicule germinative, découverte pour la première fois par Purkinje dans l'œuf de l'oiseau, plus tard par Coste dans l'œuf des mammifères, et, depuis, dans l'œuf de tous les animaux, a paru être l'élément important du germe, ce qui lui a fait donner le nom de vésicule du germe, vésicule germinative. Elle est formée d'une enveloppe, ordinairement très élastique, et d'un contenu fluide. Ce contenu, quelquefois tout à fait transparent, d'autres fois granulé, tient souvent en suspension un ou plusieurs corpuscules découverts par Wagner, et nommés par lui taches germinatives. Toujours présente dans l'œuf non fécondé, et constituant un de ses éléments tout à fait caractéristiques, cette vésicule ne se voit plus après la fécondation, et l'on ne sait pas encore bien la manière dont elle disparaît, ni le rôle qu'elle est destinée à jouer dans le travail générateur.

Outre les parties essentielles, et pour ainsi dire élémentaires, sans lesquelles il ne saurait exister, l'œuf s'entoure souvent, après être sorti de l'ovaire, de parties accessoires, fluides, ou membraneuses, quelques unes même solides : ce sont l'albumine ou le blanc d'œuf, la membrane coquillière ou testacée, le test, et la coque ou coquille, tantôt molle, tantôt dure, cornée ou pierreuse, etc.

En général, ces divers éléments secondaires, qui ne sont, à proprement parler, que des enveloppes, se forment autour des œufs qui doivent être pondus et résister, pendant un temps plus ou moins long, aux influences atmosphériques. C'est dire assez que, s'ils sont très développés chez les oiseaux, les reptiles écailleux, etc., ils n'en existent pas moins, bien qu'à des degrés divers, chez un grand nombre d'autres espèces.

Il est difficile de dire comment se forme l'œuf, et cette question mérite d'être examinée un peu plus loin : on sait seulement qu'il est une époque où le vitellus n'y existe pas ou ne s'y trouve qu'en si faible quantité, que l'œuf paraît exclusivement formé d'une vésicule germinative et d'une membrane vitelline; à mesure qu'il se développe, la masse du jaune augmente, et finit par lui donner le volume qu'il doit avoir dans chaque espèce. C'est alors seulement que, si les autres circonstances sont favorables, l'œuf se détache du lieu où il a été formé, qu'il est pondu, et devient susceptible de fécondation et de développement.

Le *sperme* est un fluide consistant, blanchâtre, d'une odeur souvent caractéristique. Il renferme de l'eau, et a une réaction alcaline; Vauquelin en a retiré de la soude libre, des phosphates calcaires et une matière qu'il a appelée extractive; Berzélius a reconnu que cette matière, à laquelle il donna le nom de spermatine, est coagulable dans l'eau et l'alcool, et soluble dans l'acide sulfurique : enfin dans la laitance de carpe, Fourcroy et Vauquelin trouvèrent du phosphore.

Nos connaissances sur la composition du sperme se réduiraient à bien peu de chose, si elles se bornaient à ces quelques faits de constitution chimique. Mais le

microscope a été plus utile, dans la détermination des divers éléments organiques dont se compose ce liquide. En effet, il y a déjà plus d'un siècle et demi, Leeuwenhoek, et avant lui Hamm, étudiant en médecine à Leyde, y découvrirent un nombre incalculable, non d'animaux proprement dits, mais de particules solides, se mouvant avec rapidité à la manière d'animalcules, en un mot, de véritables corpuscules vivants, connus aujourd'hui sous le nom de *spermatozoïdes*.

Ces petits corps sont doués de facultés bien remarquables : l'étincelle électrique, la strychnine, les narcotiques détruisent en eux tout mouvement. Leur vitalité paraît d'ailleurs être plus grande, dans la liqueur excrétée au moment du coït, que dans celle qu'on puise dans les vésicules séminales ou dans les testicules. Leurs formes et leurs dimensions varient d'espèce à espèce, mais ne paraissent pas être en rapport avec la forme, et surtout avec le volume de l'animal dont ils proviennent. Ceux du triton (salamandre d'eau douce) offrent une forme assez remarquable, et qui s'éloigne beaucoup de toutes les autres : leur filament caudal, très allongé, est le siége d'un mouvement ondulatoire fort curieux ; ce mouvement, dont l'origine n'est pas encore bien expliquée, serait produit, suivant les uns, par un long fil roulé en spirale, suivant les autres, tels que Pouchet (1), par une espèce de crête, à bord plissé en forme de manchette, qui serait attachée dans toute la longueur de la queue.

Quant à leur origine, Burdach (2) les attribue à la putridité, ou à l'effet d'une génération spontanée, comparable à celle qui préside, selon lui, à la formation des entozoaires, et il ne leur fait jouer aucun rôle dans la génération. Mais, outre que tous les actes physiologiques sont contraires à cette opinion, les principales phases de leur développement sont connues aujourd'hui. Ainsi, on avait d'abord remarqué que, dans le sperme d'un animal jeune, ou arrivant au moment du rut, outre les spermatozoïdes on trouve encore de nombreux granules ; que, chez les animaux plus jeunes, on ne trouve plus de spermatozoïdes, mais seulement des granules et des vésicules, contenus dans une des poches ou culs-de-sac membraneux plus ou moins larges qui forment la terminaison des canaux séminifères. De ces granules, on a vu se développer des filaments, d'abord isolés dans leurs vésicules individuelles, puis se groupant dans l'utricule commune, et constituant bientôt un faisceau de spermatozoïdes : ce faisceau lui-même est ordinairement enveloppé d'une grande vésicule, et c'est seulement peu à peu que les zoospermes se désagrègent, en commençant par leur extrémité terminale, et finissent par devenir libres.

Le canal déférent renferme ces spermatozoïdes tout formés, et à l'état de liberté : chez plusieurs animaux, leur développement s'achève dans les utricules testiculaires ; mais, chez les êtres inférieurs, il est probable que ces produits n'en sortent qu'imparfaits, et qu'ils se développent ensuite dans le trajet du canal déférent.

Enfin, de même que, dans les œufs de quelques animaux, des parties accessoires s'ajoutent aux éléments essentiels, de même les spermatozoïdes de plusieurs espèces s'entourent de productions analogues, destinées à les protéger contre l'influence des milieux, et leur formant des espèces de réservoirs qui, souvent par un mécanisme très singulier, les déversent dans les lieux propres à la fé-

(1) *Mémoire sur la structure des zoospermes du triton cristatus*, présenté à l'Institut en 1845, et *Théorie positive de l'ovulation spontanée et de la fécondation*, p. 306. Paris, 1847.
(2) *Traité de physiologie*, traduit par Jourdan, t. I, p. 133. Paris, 1837.

condation. Plusieurs mollusques possèdent, pour leurs spermatozoïdes, de pareils moyens de transport : tels sont les spermatophores de la seiche; de même, chez les crustacés, les spermatozoïdes seraient renfermés, d'après Goodsir, dans des espèces d'utricules prises d'abord pour les spermatozoïdes eux-mêmes. Mais nous ne connaissons encore que peu de faits analogues à ceux-ci.

La *fécondation* est l'acte qui rend l'œuf susceptible de se développer. Elle est produite par le contact direct des deux éléments dont nous venons de donner une idée générale : de l'œuf et du sperme. Le sperme, en effet, n'agit pas sur l'organe qui forme le germe, mais sur le germe lui-même; il agit encore, non sous forme d'effluves, mais directement et matériellement. Outre que ces hypothèses d'action indirecte, ou d'effluve, inventées seulement pour l'homme et pour les mammifères, devaient tomber devant l'observation des animaux inférieurs; les expériences de Spallanzani, Prévost et Dumas, Haigthon, etc., démontrèrent que, chez les uns comme chez les autres, le contact matériel de l'œuf et de la liqueur séminale est seul capable de produire la fécondation. Bien plus, par plusieurs de leurs expériences, Prévost et Dumas prouvèrent, non seulement l'action, mais l'action individuelle des spermatozoïdes : car, ayant dilué une goutte de sperme, et en ayant compté les spermatozoïdes, ils virent le nombre des œufs fécondés par cette goutte, non seulement ne pas dépasser, mais même n'égaler jamais le nombre de ces corpuscules. Enfin les mêmes observateurs, chez les grenouilles, et plus récemment Coste, Barry, Bischoff, etc., chez les chiens, les lapins et plusieurs autres mammifères, ont vu qu'il y a toujours contact immédiat de l'œuf avec les spermatozoïdes. Il est facile de répéter leurs observations; d'ailleurs nous devrons bientôt y revenir.

Voyons maintenant comment s'opère la fécondation, et quelles modifications caractérisent cet acte dans les diverses classes du règne animal.

Les animaux inférieurs sont hermaphrodites, c'est-à-dire qu'un seul individu produit à la fois les œufs et le sperme, et que, pour cela, il est pourvu en même temps d'ovaires ou organes femelles, dans lesquels se forment les œufs, et de testicules, ou organes mâles, dans lesquels se sécrète le sperme. En outre, les organes mâles et les organes femelles se ressemblent le plus souvent; ils ne diffèrent qu'en ce que les uns renferment des zoospermes, les autres des œufs. Les produits des uns et des autres sont jetés dans l'eau, milieu dans lequel vivent le plus grand nombre de ces êtres, et, en se rencontrant, ils opèrent la fécondation. Cette disposition existe, par exemple, chez les stéphanomies (1). Il y a là hermaphrodisme complet, relativement à l'animal qui se reproduit; mais, en même temps, hermaphrodisme très incomplet, quant à la manière dont sont assurés les résultats de la fécondation.

Chez quelques échinodermes, le but de cet acte est atteint plus sûrement, bien que ses procédés ne diffèrent guère du mode très simple que nous venons de citer : chez les synaptes, par exemple, animaux très transparents, qu'on rencontre dans la vase ou dans le sable, les organes génitaux filiformes sont appendus à la partie antérieure du corps, et flottent librement dans la cavité abdominale, entre l'intestin et la peau. Les œufs forment des espèces de colonnes au centre de tous ces filaments, et autour d'eux sont rangés des mamelons remplis de spermatozoïdes, se

(1) MILNE EDWARDS, *Description des Stephanomia contorta et S. prolifera*, dans les *Annales des sciences nat.*, 1841, 2e série, *Zoologie*, t. XVI, p. 217.

vidant par la pression même qu'exercent sur eux, en se développant, les œufs qu'ils sont destinés à féconder (1). Il en est probablement de même chez les Edwardsies (2). F. Schultze a signalé un cas fort curieux d'hermaphrodisme accidentellement aussi complet, chez le tænia. Il a vu une fois, et il a montré à Rudolphi (3) et à J. Müller (4), cet helminthe accouplé avec lui-même, une partie du corps s'infléchissant volontairement vers l'autre, et se comportant comme mâle à l'égard de celle-ci, qui jouait le rôle de femelle. Ce sont là des cas de l'hermaphrodisme le plus complet qu'on puisse citer. Mais, chez d'autres animaux également hermaphrodites, il n'en est pas de même, et l'excédant de la liqueur spermatique, sortant du conduit génital, peut féconder d'autres œufs. Chez le pecten, par exemple, on trouve, auprès du pied, des organes mâles et femelles : ces organes versent leurs produits dans un point où ceux-ci se rencontrent, et où les œufs commencent à se développer en embryons; mais les excédants de ces produits, ou de l'un d'eux, œufs ou sperme, peuvent sortir sans s'être unis, et la fécondation peut s'opérer de même hors du corps de l'animal, soit entre des produits mâles et femelles à lui appartenant, soit entre l'un de ses produits et l'autre produit d'un animal de la même espèce (5).

D'autres fois, bien qu'il y ait hermaphrodisme, le même individu ne peut pas se suffire à lui-même. Krohn (6) en a signalé dernièrement un exemple remarquable chez les biphores ou salpa. Ces animaux, de l'ordre des molluscoïdes ou tuniciers, forment, en s'accouplant, de longues chaînes flottantes; ils possèdent des organes mâles et des organes femelles, de sorte qu'ils peuvent fournir également l'un et l'autre des éléments de la fécondation; mais ces deux éléments ne se développent pas simultanément dans le même individu, et, comme ces animaux s'accouplent, chacun d'eux ne saurait, à la même époque de sa vie, remplir à la fois les fonctions de mâle et de femelle. Il s'établit donc chez eux une division de travail très singulière : dans le jeune âge, leurs ovaires étant développés, et formant des œufs, ils peuvent alors jouer, et jouent, en effet, le rôle de femelles; plus tard, l'ovaire s'atrophie, l'appareil testiculaire entre en activité, et alors ils jouent le rôle de mâles. Ainsi, les jeunes individus remplissent les fonctions de femelles à l'égard des vieux, et ceux-ci, à leur tour, se comportent exclusivement comme des mâles et fécondent les jeunes. C'est là une première tendance vers la division du travail physiologique et vers la distinction des sexes.

Chez d'autres espèces de mollusques, l'hermaphrodisme est, pour ainsi dire, plus complet. Chez les limaces, par exemple, deux individus sont toujours nécessaires pour la fécondation; mais ils se fécondent l'un l'autre, et se servent à la fois, et réciproquement, de mâle et de femelle. On a jeté, il est vrai, quelques doutes sur la réalité de cet acte, et on a prétendu qu'il n'y avait pas double fécondation, mais seulement copulation double. Ainsi, d'après Gaspard (7), l'*Helix pomatia* s'accouple deux fois: vingt-cinq ou trente jours après le premier accouplement, l'indi-

(1) De Quatrefages, *Mémoire sur la synapte de Duvernoy*, *rec. cit.*, t. XVII, p. 19, 2e série.
(2) De Quatrefages, *Mémoire sur les Edwardsies, nouveau genre de la famille des Actinies*, *rec. cit.*, t. XVIII, p. 65, 2e série.
(3) *Abhandlungen der Akademie zu Berlin*, 1825, p. 45.
(4) *Manuel de physiologie*. Paris, 1845, t. II, p. 591.
(5) Voyez Milne Edwards, sur l'*Hermaphrodisme des Pectens*. *Ann. des sciences nat.*, 1842, 2e série, *Zoologie*, t. XVIII, p. 321.
(6) *Observations sur la génération et le développement des Biphores*, dans les *Annales des sciences nat.*, 3e série, *Zoologie*, t. VI, p. 110. 1846.
(7) *Journal de physiologie expérimentale*. Paris, 1822, t. II, p. 333.

vidu seul qui a été fécondé pond des œufs, et, quelques jours après, a lieu un second accouplement, destiné à opérer la fécondation de l'autre individu. Cette hypothèse a été soutenue de nouveau, il y a peu de temps. Steenstrup (1), surtout, refuse à tous les animaux, d'une manière absolue, la possibilité de jouer en même temps le rôle de mâle et celui de femelle, et prétend qu'ils ne peuvent remplir ces deux fonctions qu'alternativement et à des époques différentes. Mais, outre qu'on n'a pas apporté des preuves à l'appui de cette opinion, le fait contraire a été irrécusablement observé chez d'autres mollusques. D'ailleurs, il y aurait encore, même à ce point de vue, une grande différence entre les biphores, qui ne sont alternativement aptes à remplir les fonctions de femelle ou de mâle qu'à deux âges de leur vie éloignés l'un de l'autre, et les limaces qui possèdent la même aptitude, sinon au même instant, du moins dans la même saison.

Chez quelques mollusques, voisins des précédents, tels que les *Limnées*, le même individu ne peut plus agir à la fois à la manière de mâle et de femelle vis-à-vis de son compagnon; mais il joue le rôle de mâle avec un animal de son espèce, et celui de femelle avec un autre; de sorte qu'il en résulte des chaînes plus ou moins longues de limnées accouplées.

De là, à la division complète du travail génésique, il n'y a qu'un pas. En effet, chez tous les animaux plus élevés, non seulement un individu ne peut pas se suffire à lui-même, mais lui seul ne remplit jamais, à l'égard d'un autre, les fonctions de mâle et de femelle, soit au même moment, soit à des époques différentes. De cette division du travail dans la fonction génératrice, résulte la distinction des *sexes*. L'existence des sexes, dans les espèces animales, indique un degré fonctionnel dans lequel le travail physiologique qui, bien que double, pouvait s'opérer d'abord en un seul individu, se trouve définitivement réparti entre deux individus différents. De ces deux êtres, l'un est destiné à produire des œufs, l'autre à élaborer le sperme; le premier a reçu le nom de *femelle*, le second celui de *mâle*. Chez l'un et chez l'autre, la différence du but génésique entraîne aussi une différence marquée dans toute l'organisation. Cette différence s'observe chez la plupart des espèces animales, dont les sexes sont distincts : elle se manifeste par des caractères frappants, chez certains insectes; elle n'est pas moins sensible chez les animaux supérieurs, et, en particulier, dans l'espèce humaine. Au point de vue physiologique, comme sous le rapport anatomique, l'axiome des anciens est plein de vérité : « *Sexus præter genitalia inter se discrepant.* »

On donne le nom de *monoïques*, ou d'animaux à génération monoïque, aux animaux dont nous avons parlé jusqu'à présent, chez lesquels les deux produits générateurs nécessaires au développement d'un nouvel être se trouvent réunis sur le même individu. On appelle *dioïques*, ou animaux à génération dioïque, ceux dont les actes et les organes génitaux sont répartis entre deux individus distincts, et pour lesquels, par conséquent, il existe deux sexes. Mais, de même que nous venons de le voir pour le premier mode d'oviparité, c'est-à-dire pour l'hermaphrodisme, il existe aussi plusieurs degrés dans la génération dioïque. Ainsi, chez la plupart des poissons osseux, la fécondation est pour ainsi dire fortuite : les femelles déposent leurs œufs dans les bas-fonds, à l'abri des courants, et s'éloignent bientôt; plus tard, après un temps variable, souvent très court, quelquefois plus

(1) *Untersuchungen über das Vorkommen des Hermaphrodismus in der Natur*, 1846, traduit du danois par le docteur C. F. Hornschuch.

long, le mâle passe dans le même lieu et y excrète sa laite; le reste de l'acte, la fécondation elle-même, est abandonné aux circonstances, plus ou moins fortuites, qui rapprocheront le sperme des œufs, au milieu de l'eau, comme nous en avons vu des exemples chez quelques animaux inférieurs monoïques. Chez les batraciens, tantôt le mâle suit la femelle et féconde les œufs, peu après leur sortie; tantôt il fait plus encore, comme chez les grenouilles, il s'attache à elle et arrose les œufs à mesure qu'elle les pond. Dans quelques mollusques, et quelques crustacés, la liqueur séminale est mieux utilisée : au lieu d'être éjaculée directement dans le milieu où vit l'animal, elle se trouve, au moment de son expulsion, renfermée dans un spermatophore, sorte d'étui qui ne crève que par l'effet de l'eau et au moment de la sortie des ovules. Mais, pour les reptiles, les oiseaux et les mammifères, de même que pour beaucoup de poissons, la fécondation est mieux assurée encore; elle s'opère, en effet, avant la ponte, et dans l'intérieur même du corps de la femelle. On donne à l'acte qui détermine cette fécondation interne le nom d'*accouplement* ou de *copulation*. Chez quelques animaux, surtout parmi les oiseaux, cette copulation est très incomplète; chez les animaux plus élevés et chez la plupart des insectes, il existe au contraire des organes spéciaux d'intromission, ou de copulation, qui rendent l'accouplement aussi parfait que possible.

En résumant ce que nous venons de dire des divers modes d'oviparité, on voit que tantôt œufs et sperme sont formés par le même individu, tantôt, au contraire, les organes producteurs de l'un et de l'autre de ces deux éléments sont l'apanage de deux êtres distincts. Dans le premier cas, il y a ce qu'on appelle hermaphrodisme : mais tous les animaux hermaphrodites ne le sont pas au même degré; les uns sont hermaphrodites complets, c'est-à-dire qu'ils se suffisent à eux-mêmes, soit que la fécondation se fasse dans le milieu qui les environne et après l'expulsion simultanée des œufs et du sperme, soit qu'elle ait lieu dans l'intérieur même de leurs corps; les autres sont hermaphrodites incomplets, c'est-à-dire qu'incapables de se féconder eux-mêmes, ils sont aptes à jouer, soit simultanément, soit à de certains intervalles, soit à leurs divers âges, les rôles de mâle et de femelle, par rapport à un ou à plusieurs individus de la même espèce, tandis que ceux-ci remplissent à leur égard des fonctions réciproques. Dans le second cas, ou de reproduction dioïque, tantôt la fécondation est extérieure, tantôt elle est intérieure : la fécondation extérieure peut être seulement fortuite (poissons osseux), ou s'opérer, au contraire, d'une manière directe, soit à l'aide de spermatophores (céphalopodes), soit par une fausse copulation (batraciens anoures); la fécondation intérieure est assurée par la copulation, qui peut consister elle-même dans une simple juxtaposition (oiseaux), ou dans une intromission complète (mammifères).

Pour achever de caractériser les modes divers de fécondation, et compléter le tableau de la reproduction ovipare, nous devons maintenant donner une idée très succincte des organes qui servent à former les œufs, ou le sperme, dans les principaux types du règne animal, et de ceux qui sont destinés à assurer l'emploi utile de ces œufs et de ce sperme.

Un fait qui frappe au premier abord, c'est la ressemblance extrême qui existe entre l'appareil mâle et l'appareil femelle, surtout pour les parties fondamentales de l'appareil génital : chez les animaux inférieurs, cette ressemblance est telle, que Cuvier a méconnu la nature des organes de la génération chez un grand nombre de mollusques. Aujourd'hui, on ne peut guère se méprendre à ce sujet : mais il n'existe

qu'un moyen de caractériser sûrement ces organes, chez une multitude d'animaux, c'est l'examen microscopique. La présence d'œufs entraîne seule, pour l'organe où on les a trouvés, la détermination d'ovaire; la présence de spermatozoïdes, celle de testicule.

La partie fondamentale de l'appareil génital femelle est donc l'*ovaire*: c'est l'organe où se forment les œufs. Sa structure rappelle tout à fait, dans ses variétés, celle que nous verrons bientôt appartenir aussi à la partie fondamentale de l'appareil générateur mâle. Il peut être, en effet, solide, ou creusé d'une cavité intérieure. Quand l'ovaire est massif, tantôt il constitue une simple membrane, tantôt il consiste en un organe ayant des dimensions considérables, dans les trois sens: dans l'un et l'autre cas, il peut verser directement ses produits au dehors, ou ne les laisser échapper que par l'intermédiaire d'un oviducte, canal membraneux plus ou moins long, avec lequel il est en connexion. Dans ce dernier cas, les mêmes relations que nous verrons s'établir entre le testicule et le canal déférent peuvent exister entre l'ovaire et l'oviducte : seulement, la disposition qui est ordinaire dans l'appareil mâle est exceptionnelle dans l'appareil femelle, et réciproquement. Ainsi, les ovaires en continuité avec les oviductes se trouvent seulement chez les animaux inférieurs, tandis que les ovaires séparés des oviductes, et n'entrant que momentanément en relation directe avec eux, existent chez les animaux supérieurs et dans l'espèce humaine.

L'ovaire est destiné à former seulement les parties essentielles des œufs, les seules dont la présence soit vraiment caractéristique : membrane vitelline, vitellus, vésicule germinative. Chez beaucoup d'animaux, les œufs sont expulsés à cet état de simplicité; mais chez d'autres, bien qu'ils abandonnent l'ovaire dans le même état, ils s'enveloppent plus tard, comme nous l'avons dit, d'albumine et de diverses membranes, membrane coquillière, coquille, etc. Ces parties, qui viennent les entourer et les protéger après leur expulsion, sont produites par autant d'organes accessoires, comparables à ceux que nous verrons bientôt former des liquides qui se mêlent au sperme, avant sa sortie, ou au moment de son excrétion. Elles sont sécrétées, tantôt par les oviductes eux-mêmes, dont la structure s'est diversement modifiée à cet effet dans différents points, tantôt par des organes glandulaires particuliers, placés autour des oviductes sur certains points du trajet que doivent parcourir les œufs, comme c'est le cas pour les raies et les céphalopodes.

Dans les animaux qui s'accouplent, et surtout lorsque la copulation doit être complète, l'appareil femelle se compose encore d'un organe spécial, destiné à recevoir le membre copulateur mâle. Cet organe peut revêtir deux formes principales. Tantôt il est simple, accommodé seulement à l'organe avec lequel il doit être en relation, et disposé de manière à laisser porter directement le sperme sur les œufs; cette forme se rencontre dans tous les cas où la liqueur fécondante doit être utilisée immédiatement après l'éjaculation : tantôt, au contraire, la même liqueur doit être mise en réserve pour servir pendant un temps, souvent très long, et pour féconder un grand nombre d'œufs ; c'est pourquoi une partie du même organe se dilate en réservoir, et offre le double usage de recevoir le sperme et de le conserver. Cette dernière disposition est surtout propre aux insectes, et constitue chez eux ce qu'on a appelé une poche copulatrice. On le sait, en effet, chez plusieurs animaux de cette classe, la copulation n'a lieu qu'une fois dans la vie, le mâle meurt presque immédiatement après, et la femelle continue néanmoins à pondre, pen-

dant un temps très long, des œufs susceptibles de se développer : ces œufs, dont un grand nombre ne sont pas même formés, à l'époque de l'accouplement, sont tous fécondés, à mesure qu'ils passent devant l'orifice de la poche copulatrice, celle-ci exprimant chaque fois sur eux une partie du sperme qu'elle est destinée à conserver.

Enfin, une autre modification, dont il nous sera difficile de retrouver l'analogue dans l'appareil générateur mâle, peut s'introduire encore dans l'appareil femelle : elle consiste dans l'existence de chambres incubatrices, favorables au développement des œufs fécondés. Ces organes ne sont pas d'ailleurs exactement comparables, au point de vue anatomique, chez les divers animaux qui en sont pourvus ; ou bien ce sont des emprunts faits à d'autres organes, ou bien ce sont des créations d'organes nouveaux, interposés à l'ovaire, où se forment les œufs, et au canal copulateur, par lequel vient le liquide fécondant. Ainsi, chez les crustacés, ces chambres incubatrices sont empruntées aux pattes ; chez le pipa, à la peau du dos ; chez certains mollusques, aux branchies, etc. ; mais, pour tous ces animaux, la fécondation est extérieure. Chez ceux qui sont plus élevés, et dont les œufs sont fécondés et se développent dans l'intérieur même du corps, des matériaux nouveaux s'introduisent dans l'organisme, et constituent un nouvel organe qui porte le nom d'*utérus* ou de *matrice* : cette dernière disposition appartient aux mammifères.

On dirait, en effet, que, chez ces derniers, les portions inférieures des canaux vecteurs se transforment en utérus, avant d'aboutir à l'extrémité du canal de copulation. Elles acquièrent une structure particulière, et deviennent aptes à remplir des fonctions spéciales, ce qui ne permet plus de les assimiler aux portions plus ou moins analogues des trompes, que les œufs parcourent chez les ovipares, ou da s lesquelles ils éclosent chez les ovovivipares. Les œufs des mammifères, n'ayant pas en eux ce qui suffit à leur développement, entrent en relation intime avec la matrice : leurs villosités, ou d'autres organes de formation embryonnaire, dont nous parlerons plus tard, y absorbent les sucs nécessaires à leur accroissement et à celui du jeune. Aussi reconnaît-on à la matrice, outre une forte enveloppe musculeuse, une membrane muqueuse propre, très développée, qui forme en s'hypertrophiant une espèce de nid pour le jeune ovule, et qui tombe et se reproduit, au moins d'une manière partielle, après chaque parturition. Pour ce qui est de sa forme, la matrice est simple, seulement chez l'homme, les singes, les édentés et les tardigrades, s'abouchant, par ses deux angles supérieurs, avec l'extrémité des trompes ; elle est double chez les autres mammifères, c'est-à-dire qu'il y en a une de chaque côté, une droite, l'autre gauche, partant toutes deux du vagin, et se continuant d'autre part avec les oviductes : ces deux matrices sont désignées alors plus particulièrement sous le nom de cornes utérines. Elle est même primitivement double dans l'espèce humaine et chez les singes, car elle résulte de la soudure médiane des deux cornes, qui existent aussi chez eux, mais seulement dans la première époque du développement embryonnaire.

Le *testicule* est l'organe important de l'appareil mâle. Il a une structure plus ou moins compliquée, chez les divers animaux, et répétant, dans ses variétés, celles que nous venons de signaler pour l'ovaire. Chez les uns, il consiste en une membrane simplement plissée ; chez d'autres, en des capsules réunies en grappes ; chez d'autres, enfin, en un ou plusieurs tubes capillaires longuement contournés sur eux-mêmes. Ainsi l'appareil mâle se présente sous trois formes principales : membraneuse, capsulaire, tubulaire, lesquelles peuvent aisément se réduire à deux, com-

parables aux deux formes principales de l'ovaire : solide, ou creusée d'une cavité intérieure.

La forme membraneuse se rencontre chez les méduses, les polypes, etc. La forme capsuleuse est plus fréquente : parmi les animaux les plus inférieurs, nous en trouvons un exemple chez les stéphanomies; plusieurs insectes présentent le même mode d'organisation, mais varié à des degrés divers : ce qu'il y a de plus important à rappeler, sous ce rapport, c'est que, tantôt les capsules sont simples, comme dans les forficules, où elles sont au nombre de deux ; tantôt, au contraire, elles sont nombreuses, comme dans l'abeille, qui possède peut-être 150 capsules très allongées, agglomérées et présentant réellement un état intermédiaire entre la forme capsulaire et la forme tubuleuse. Cette dernière forme de testicule, la forme tubuleuse, est la plus fréquente de toutes : dans ce cas, le tube peut encore être simple ou rameux, droit ou pelotonné, etc.

Quand le sperme s'est formé dans l'organe dont il s'agit, il doit s'unir aux œufs et les féconder. Chez quelques êtres, cette union se fait dans le corps même de l'animal, qui porte à la fois les œufs et le sperme ; nous en avons déjà cité des exemples, et entre autres celui des synaptes : il n'est alors besoin de l'adjonction d'aucun organe conducteur, ou évacuateur, destiné à porter la liqueur fécondante à la rencontre de l'œuf. Mais, ainsi que nous l'avons dit, il n'en est pas de même chez le plus grand nombre : en effet, tantôt le sperme doit être déversé au dehors, tantôt il doit être porté, plus ou moins profondément, dans le corps d'un autre animal.

L'évacuation du sperme au dehors est surtout facile chez les stéphanomies, les méduses, etc., dont les testicules flottent à l'extérieur. Mais, pour tous les animaux chez lesquels cet organe, mieux protégé, est renfermé dans le corps, il doit exister quelque moyen, à l'aide duquel le sperme soit versé dans le point où se trouvent les œufs. Déjà, chez quelques méduses, telles que les rhizostomes, les organes génitaux, au lieu d'être à l'extérieur comme chez les équorées, tendent à rentrer dans le corps, et circonscrivent des cavités qui débouchent directement au dehors : cependant il n'y a pas encore là de canal excréteur. Lorsque ce dernier commence à paraître, la nature l'emprunte d'abord à l'appareil digestif : ainsi, chez les polypes, les testicules entourent cet appareil digestif, et quand ils crèvent, le sperme tombe dans la cavité intestinale, pour être rejeté par la bouche. Chez le poulpe, la seiche, parmi les mollusques, et chez certains poissons tels que la lamproie, etc., la liqueur fécondante n'est plus évacuée par le tube digestif. Bien que la nature n'ait encore rien créé de nouveau, ce n'est plus à cet appareil qu'elle emprunte un moyen d'excrétion : le sperme tombe alors, soit dans une chambre particulière, soit dans la cavité abdominale, et de là il est expulsé au dehors.

Mais, en général, le testicule est en rapport avec un canal excréteur qui lui est propre, et qui, le plus souvent, à l'inverse de la disposition que nous offrent l'ovaire et l'oviducte, est en continuité directe avec lui : ce canal a reçu le nom de spermiducte, ou de canal déférent. A mesure que l'appareil mâle se perfectionne, ses deux portions, celle qui élabore le sperme et celle qui le conduit et l'évacue, deviennent de plus en plus dissemblables. A l'aide d'un appareil ainsi composé, la fécondation vague ou accidentelle peut toujours s'effectuer ; mais, en outre, la fécondation directe devient possible, et son succès mieux assuré. Enfin, lorsqu'une économie plus grande, dans la distribution des matières, vient à être nécessaire, le canal excréteur se complète par la formation d'un réservoir. Ce perfectionnement se rencontre déjà chez des animaux très simples; il se réalise alors

par un simple renflement du spermiducte : mais bientôt un troisième élément se joint aux deux autres, une poche distincte se forme vers l'extrémité externe du canal déférent, et joue le rôle d'un véritable réservoir spermatique : elle porte le nom de *vésicule séminale*.

Il faut mentionner encore, sans les mettre néanmoins sur le même rang, quelques organes accessoires qui se rencontrent, chez les mâles, dans le voisinage des organes génitaux, vers le point où le canal déférent se termine au dehors : ce sont des glandes, quelquefois très développées, dont le nombre est assez variable dans les diverses espèces. Elles sécrètent un liquide muqueux, destiné à se mêler au sperme, à en faciliter la sortie et l'emploi, à le diluer, à contribuer peut-être à la conservation des spermatozoïdes, et même, chez quelques animaux, à former pour ces éléments de fécondation des enveloppes connues sous le nom de spermatophores, et qui sont destinées à les protéger momentanément.

Telles sont les parties les plus essentielles de l'appareil mâle. Toutefois elles ne suffisent pas toujours pour assurer la reproduction. En effet, dans tous les cas où il y a accouplement, et où la fécondation doit s'opérer dan, l'intérieur du corps, un appareil copulateur vient s'adjoindre à l'appareil mâle, de même que nous avons vu un appareil copulateur compléter, dans ce cas, l'ensemble des organes femelles. Mais ici encore, la nature ne se hâte pas de créer un nouvel organe. Chez beaucoup de crustacés, par exemple, tels que la langouste, etc., bien qu'il y ait copulation, il n'y a pas d'organe copulateur proprement dit, ou plutôt celui-ci ne se constitue, pour ainsi dire, qu'au moment de fonctionner, par le retournement, ou le renversement en dehors, de la portion terminale du canal déférent : il ne peut y avoir, comme on le voit, une forme plus simple. Quand la copulation doit se faire plus fréquemment ou d'une manière plus complète, la nature ne se contente plus de faire un emprunt, elle crée un organe spécial, vasculaire, érectile, entourant l'extrémité du canal excréteur et connu sous le nom de *verge* ou de *pénis*. Chez les serpents, ce pénis est très simple : il consiste seulement en une gouttière. Chez des animaux mieux constitués, il se complète et forme un véritable tube. Enfin, pour plusieurs autres, dont la réunion sexuelle doit durer plus longtemps, la nature ajoute au pénis de nouveaux organes, destinés à fixer le mâle à la femelle d'une manière plus ou moins solide. Ainsi la verge des papillons, par exemple de la pyrale de la vigne, formée par le spermiducte, qui se renverse en dehors, est hérissée de nombreux aiguillons, qui s'introduisent facilement en faisceau, mais qui se redressent ensuite et s'accrochent si solidement, dans l'intérieur du vagin, qu'on ne peut l'en retirer. Chez la plupart des autres insectes, il y a autour du pénis des appareils copulateurs d'une autre forme, mais d'une action aussi énergique : des vésicules, des pinces, des crochets, des espèces de cornes, etc. Il en est de même pour certains mammifères : chez le chien, entre autres, il existe un simple renflement qui, par l'effet de l'érection pendant le coït, rend momentanément impossible la disjonction des sexes.

Nous venons de parler des éléments de la fécondation et des organes qui les préparent, de l'incubation et des appareils où elle s'opère ; mais ces actes ne sont pas les seuls auxquels se borne toujours la reproduction ovipare. Souvent, en effet, après que l'incubation est terminée, les matières nutritives que le jeune porte avec lui ne suffisent plus à son développement ; et cependant ce fœtus ne peut pas encore se nourrir lui-même, et trouver une réparation convenable dans les aliments qui

seront appropriés plus tard à son organisation. Des éléments nouveaux s'ajoutent alors aux appareils principaux de la génération : quelquefois, par un simple emprunt organique, comme chez les oiseaux, il y a sécrétion, dans l'un des estomacs, d'un liquide nutritif spécial, que la mère déverse par son bec, pour en nourrir son petit. Mais, en général, un appareil particulier se constitue : cet appareil, dévolu à la femelle, et destiné à sécréter un liquide nutritif doué de caractères généraux non équivoques, porte le nom d'*appareil mammaire*. Sa présence a paru suffisante pour caractériser toute une classe de vertébrés, les mammifères.

Ainsi, dans l'oviparité en général, comme dans les autres modes de génération, et, en particulier, dans chacun des divers actes dont se compose l'ensemble des phénomènes de la reproduction ovipare, c'est par la division du travail que le perfectionnement s'opère, des animaux inférieurs aux animaux les plus élevés. Le phénomène est ici plus compliqué que dans la scissiparité et dans le bourgeonnement, à cause de la multiplicité même des faits qui le constituent. Ces faits pouvant se grouper entre eux de bien des manières, suivant l'organisation des animaux, leurs conditions d'existence, les milieux qu'ils habitent, il en résulte une immense variété de moyens, variété d'autant plus remarquable que le principe et le but sont partout identiques. Les décrire ou même les énumérer tous, nous aurait beaucoup trop éloigné de notre principal but, qui est de faire connaître la reproduction de l'homme. Nous avons donc esquissé seulement les modifications les plus importantes, celles auxquelles peuvent se rattacher toutes les autres. Il en est une dernière dont nous n'avons pas parlé, parce qu'elle n'est ni aussi générale, ni aussi en rapport avec les divers actes de la génération de l'homme, mais que nous devons pourtant citer, parce qu'elle nous offre un exemple, encore plus remarquable que tous les précédents, de la division du travail physiologique : c'est le mode d'oviparité particulier à certains insectes, notamment aux abeilles. En effet, chez ces animaux, deux individus ne suffisent plus pour accomplir tous les actes de la reproduction de l'espèce : une division plus grande, une distribution nouvelle, s'introduisent dans les rôles de la maternité. Outre les mâles qui sécrètent le sperme, outre les femelles qui produisent et pondent les œufs, il existe des *neutres*, ou plutôt des femelles inféconds, qui, incapables de produire par elles-mêmes, sont destinées à soigner les œufs, à élever les jeunes, et sont pourvues d'organes accessoires sécréteurs très développés, qui leur permettent de jouer, à l'égard de ces derniers, le rôle de nourrices.

DE LA REPRODUCTION DANS L'ESPÈCE HUMAINE.

Le mode de reproduction de l'homme ne diffère pas, dans ses actes les plus généraux, du mode de reproduction commun à la plupart des espèces animales, dont nous venons de tracer le tableau sous le titre d'oviparité. En outre, la plupart des faits de détail qui s'y rattachent sont entièrement comparables à ceux qui caractérisent l'oviparité chez les mammifères, c'est-à-dire, chez les animaux les plus rapprochés de l'espèce humaine et formés sur le même type qu'elle. Les nombreuses découvertes dont s'est enrichie, pendant les dernières années, l'histoire de la génération de l'homme et des mammifères, doivent non seulement autoriser, mais encore imposer une telle conclusion, comme la seule qui soit réellement compatible

avec l'observation directe. En effet, tous les points correspondants que, jusqu'à ce jour, il a été permis d'étudier à la fois chez l'homme et chez les mammifères sont exactement semblables. Cette parfaite analogie donne le droit de conclure, comme l'ont déjà fait Courty (1) et Pouchet (2), que, si l'on n'a pas pu observer encore, directement, tous les degrés de l'ovologie humaine, on n'en a pas moins le pouvoir de se former sur leur ensemble une conviction éclairée, et de tracer déjà une histoire complète du développement de l'homme. Ainsi, on peut décrire aujourd'hui presque tous les phénomènes de cet acte physiologique si longtemps environné de mystères. L'obscurité qui l'enveloppait étant l'unique source des systèmes les plus divers dont il fut successivement l'objet, nous nous abstiendrons d'entrer dans une discussion inutile, sur toutes les hypothèses antérieures à l'état actuel de l'ovologie humaine. L'histoire de cette science importe peu à son exposition. La certitude incontestable des faits récemment acquis nous permettra de juger plus loin, en quelques mots, les théories de l'évolution ou de l'épigénèse, de la préexistence des germes et de leur emboîtement, des ovistes ou des spermistes, etc., qui ont si longtemps divisé les esprits, et tour à tour triomphé dans les écoles, tant qu'aucun fait positif n'a pu servir de base aux idées plus ou moins bizarres que suggérait aux plus grands esprits l'insuffisance des observations.

Nous chercherons encore moins à rappeler ici les idées que l'antiquité se faisait de la génération de l'homme, surtout avant Aristote et Hippocrate. L'opinion des premiers philosophes, qui furent aussi les premiers savants, ne nous offre sous ce rapport aucun intérêt; nous ne sommes même pas sûrs qu'elle n'ait point été altérée par leurs historiens, et nous ne connaissons aucun des motifs sur lesquels ils la basaient. Aussi, quoi que nous en aient dit Platon, Aristote, Plutarque, Galien, nous ne parlerons ni des systèmes d'Alcméon ou d'Anaxagore, ni de ceux d'Empédocle qui le premier, dit-on, nomma *amnios* la membrane qui renferme le fœtus et les eaux dans lesquelles il nage, ni de ceux de plusieurs autres. Faisons observer seulement que, déjà à cette époque, des discussions régnaient sur la prédominance de l'un ou de l'autre sexe, ou sur leur égale influence dans l'acte de la génération; les uns faisant provenir le germe du mélange de deux éléments également importants, l'un mâle, l'autre femelle; les autres pensant que l'embryon vient uniquement de la semence du père et que la mère lui fournit seulement la place où il doit se développer.

A ces idées purement spéculatives succédèrent deux systèmes qui devaient jouir d'une plus grande faveur, parce qu'ils étaient l'expression de la pensée de deux hommes profondément observateurs, propres tous deux, par l'étendue de leurs connaissances et la force de leur raisonnement, à étayer une opinion de toute l'autorité du génie. Hippocrate (3) supposa que les deux sexes possèdent chacun deux semences, l'une forte, l'autre faible, dont ils tirent la source de toutes les parties de leur corps et surtout des centres nerveux; que le mélange de ces liqueurs dans l'utérus, sous l'influence de la chaleur propre de cet organe, donne naissance à l'embryon; enfin que, de ces deux semences, la plus forte engendre les mâles, et la plus faible les femelles. D'un autre côté, Aristote (4) admit que le fluide séminal,

(1) *De l'œuf et de son développement dans l'espèce humaine.* Montpellier, 1845, p. 11, p. 89.
(2) *Théorie positive de l'ovulation spontanée et de la fécondation des mammifères et de l'espèce humaine*, basée sur l'observation de toute la série animale. Paris, 1847, p. 11.
(3) *Lib. de Genitură*, et *lib. de Dietă*, t. I, p. 129, 198. Lugd. Bat. 1665.
(4) *Histoire des animaux*, traduite par Camus, liv. VII. Paris, 1783.

dont il reconnaît l'existence seulement chez le mâle, renferme quelque chose d'éthéré et d'immatériel, contient surtout l'élément des autres parties, et fournit la forme de l'embryon avec le principe de son mouvement ; il admit encore que, la femme n'ayant pas de semence, le sang des menstrues en tient lieu chez elle, que ce sang est épaissi par le principe éthéré de la semence de l'homme, et qu'enfin l'embryon naît de cette coagulation. En un mot, pour rappeler les expressions d'Aristote, le sang menstruel est le marbre, le sperme le sculpteur, le fœtus la statue.

Ces deux systèmes, tout absurdes qu'ils nous paraissent aujourd'hui, n'en ont pas moins traversé presque tous les siècles qui précèdent le nôtre, et été adoptés simultanément ou alternativement, l'un surtout par les médecins, l'autre par les philosophes. Fabrice d'Aquapendente (1), puis Malpighi (2), en étudiant avec soin le développement du poulet, introduisirent les premiers, dans la science, plusieurs faits positifs qui durent commencer à jeter quelque défaveur sur de pareilles idées. Mais la question fut attaquée d'une manière bien plus directe par les expériences de Régnier De Graaf (3) : ce célèbre anatomiste, ayant ouvert souvent des femelles de mammifères, quelque temps après l'accouplement, et observé sur l'ovaire autant de déchirures qu'il comptait d'œufs dans l'intérieur de l'utérus, reconnut par là l'importance des vésicules ovariques qui, depuis ce temps, ont conservé son nom, et les regarda comme de véritables œufs. Malgré toutes les objections qui s'élevèrent contre elle, cette opinion devait avoir un grand retentissement : car, si les femelles des mammifères, si la femme elle-même, produisaient des œufs, le problème de la génération de l'homme se confondait avec celui de la génération des animaux ovipares, et sa solution en devenait d'autant plus facile. Swammerdam (4) éleva sur ce sujet une vive discussion, dans laquelle il attribua à Van Horne la priorité de la découverte.

Mais, en 1677, peu après les travaux de De Graaf, une nouvelle découverte, qui avait déjà arrêté, en un autre sens, le progrès de la science, en fournissant de nouvelles armes à l'hypothèse des générations spontanées, vint s'opposer aussi au développement des idées d'oviparité chez les mammifères, et détourner de cette direction tous les esprits observateurs : on conçoit qu'il s'agit de la découverte des spermatozoïdes par Leeuwenhoek. En outre, une question, qui avait déjà divisé les esprits au sujet des ovules, fut alors agitée de nouveau à l'occasion des spermatozoïdes : celle de savoir si l'homme se forme postérieurement à la fécondation, ou s'il existe déjà tout formé dans la semence du mâle, à l'état d'*homunculus*. Dans ces molécules mouvantes et évidemment douées de la vie, révélées par le microscope, le plus grand nombre voulut voir de véritables animaux, auxquels il ne restait plus qu'à prendre de l'accroissement. En conséquence, la femelle fut, pour ainsi dire, dépossédée de la faculté de produire un nouvel individu. Elle ne fut plus considérée que comme une espèce de terrain, plus favorable qu'un autre à sa germination; de sorte que, pour les partisans de la préexistence et de l'emboîtement des germes, c'était, non plus la première femme, mais le premier homme qui aurait porté toutes les générations dans son sein.

(1) *De formatione ovi et pulli. De formato fœtu.* Dans ses *Opera omnia anatomica et physiologica.* Lugd. Bat. 1737.

(2) *De formatione pulli in ovo. Appendix repetitas auctasque de ovo incubato observationes continens.* Dans la *Biblioth. anatom.* de Manget.

(3) *De mulierum organis generationi inservientibus.* Leyde, 1672.

(4) *Miraculum naturæ, sive uteri muliebris fabrica.* Leyde. 1679.

Quoi qu'il en soit, deux faits n'en furent pas moins acquis à la science : d'une part, l'existence des spermatozoïdes ; de l'autre, la possibilité de la formation d'œufs dans l'ovaire.

La plupart des travaux, entrepris depuis ce moment sur la génération, prirent ces deux faits pour point de départ : aussi est-il probable que, si l'influence de Buffon n'eût entravé leur marche, ils auraient reçu depuis longtemps le complément naturel que notre époque leur a donné.

Les recherches de Baer et celles de Coste levèrent enfin tous les doutes sur l'existence de l'œuf, que, jusqu'à eux, on avait seulement soupçonnée : dès lors, la génération de l'homme et des mammifères put être assimilée à celle des animaux ovipares, et toutes les observations dont elle a été postérieurement le sujet n'ont fait que confirmer et étendre cette manière de voir. Il nous faudra donc étudier, à propos de la reproduction de l'espèce humaine, les éléments que nous avons vus intervenir et les actes que nous avons dit s'effectuer dans le mode de reproduction par germes ou par œufs ; ainsi nous nous occuperons d'abord de l'œuf et du sperme, puis de l'action réciproque qu'ils exercent l'un sur l'autre, enfin de l'évolution de l'œuf fécondé et du développement de l'embryon qui y est contenu.

I. ÉLÉMENTS DE LA REPRODUCTION DANS LES DEUX SEXES.

A. De l'œuf.

Nous venons de dire que l'époque à laquelle on soupçonna l'existence d'un œuf, chez la femme, n'est pas très éloignée de nous, et que cette existence fut mise hors de doute seulement dans ces dernières années. D'abord, les physiologistes s'étaient sans doute laissé dominer par l'idée que notre espèce devait présenter une exception ; ou du moins, ne saisissant pas l'analogie de la génération des ovipares et de celle des vivipares, ils pensaient qu'aucun mammifère ne se reproduit par des œufs. On avait, il est vrai, remarqué depuis longtemps, sur les ovaires, l'existence de vésicules de diverses grosseurs. Plusieurs anatomistes, tels que Vésale, Fallope, Riolan, etc., en avaient même donné la description. Mais on les prenait pour des hydatides, jusqu'à ce que J. Van Horne (1) eut émis le premier l'idée qu'elles étaient peut-être de véritables œufs.

Bientôt Régnier De Graaf (2) formula nettement cette dernière idée, et même, comme nous l'avons fait voir, avec une apparence de fondement. Il crut surtout la justifier, en montrant que la plus grande ressemblance existe entre les vésicules ovariques et les œufs contenus dans l'ovaire des oiseaux. Enfin, dans le but de dévoiler partout cette analogie, d'ailleurs tout à fait superficielle, il prit la peine d'observer lui-même, et de faire examiner par Sténon, les ovaires d'un grand nombre d'animaux de toute espèce. Mais, on le comprend bien, tous ses efforts échouèrent, lorsqu'il voulut suivre ces prétendus œufs, à travers les trompes, jusque dans la matrice. Aussi G. Cruikshank (3), un siècle après, observant des œufs dans les trompes utérines des lapines, et les trouvant plus petits que les *ova Graafiana*, n'eut pas de peine à conclure que ceux-ci ne pouvaient être

(1) *Prodromus observationum circà partes genitales in utroque sexu*. Leyde, 1668.
(2) *De mulierum organis generationi inservientibus*. Leyde, 1672. Voyez le chap. *de testibus muliebribus, sive ovariis*.
(3) *Philosophical Transactions*. 1797, t. I. p. 197.

de véritables œufs, et rendit l'existence de ces derniers, chez la femme, plus problématique encore.

Cependant les œufs que l'anatomiste anglais avait su trouver dans les trompes, Prévost et Dumas (1), en 1825, crurent les voir deux fois sur l'ovaire de la chienne, sous la forme de corps sphériques extrêmement petits, renfermés dans la vésicule de De Graaf. Enfin, en 1827, Ch. Ernst de Baer (2), comme nous le disions plus haut, mit un terme à ces oscillations de l'opinion des physiologistes, en découvrant l'œuf chez l'homme et chez les mammifères, et en démontrant, de la manière la plus positive, qu'il existe dans l'ovaire, avant la conception.

Malheureusement, tout en décrivant avec exactitude la position de cet œuf et ses rapports avec le contenu de la vésicule de De Graaf, E. de Baer resta en dehors de la vérité, dans l'interprétation qu'il en donna; car, au lieu d'en reconnaître la nature réelle, il crut ne voir en lui qu'une vésicule, comparable à la vésicule que Purkinje (3) venait de découvrir presque en même temps dans l'œuf de l'oiseau. De là, le nom d'*ovule*, dont il eut soin de se servir pour exprimer la prétendue différence entre l'œuf des mammifères et celui des ovipares; de là, la comparaison qu'il établit entre l'œuf de l'oiseau tout entier et la vésicule de De Graaf elle-même; de là, enfin, la théorie erronée qu'il donna des modifications particulières de l'oviparité chez les mammifères (4). Aussi, Coste (5), en démontrant, en 1834, l'existence d'une vésicule germinative dans l'œuf de l'homme et des mammifères, et, par là, en assimilant cet œuf à celui des oiseaux et des autres ovipares, compléta la découverte de De Baer et en assura le fruit.

Ainsi, dans l'espèce humaine, l'ovaire renferme des œufs, qui préexistent à toute fécondation, et qui offrent une constitution fondamentalement identique à celle des œufs contenus dans l'ovaire des oiseaux. Nous reviendrons bientôt sur toutes les particularités que présente leur organisation, et sur la manière dont ils se développent; mais nous devons étudier d'abord les poches ovariques dans lesquelles on les rencontre.

Les *vésicules de De Graaf* (*ova Graafiana*) sont des espèces de kystes, se présentant toujours en certain nombre, dans la profondeur des ovaires ou à leur sur-

(1) *Ann. des scienc. natur.* 1re série, t. III, p. 135.

(2) *Epistola de ovi mammalium et hominis genesi.* Leipsick, 1827. *Lettre sur la formation de l'œuf dans l'espèce humaine et dans les mammifères*, traduite par G. Breschet, dans son *Répertoire général d'anatomie et de physiologie pathologiques.* Paris, 1829.

(3) *Symbolæ ad ovi avium historiam ante incubationem.* Breslau, septembre 1825. Ce travail, publié en l'honneur du cinquantième anniversaire du doctorat de J.-F. Blumenbach, ne se répandit d'abord que par échange entre les Universités. Connu de Baer et de quelques autres, il resta ignoré du public scientifique, jusqu'à ce qu'une édition, publiée à Leipsick en 1830, l'eût répandu dans le commerce.

(4) « On peut donc dire, dit De Baer à l'avant-dernière page de son mémoire (*Lettre sur la formation de l'œuf*, etc., dans le répertoire de Breschet. Paris, 1829), si on a égard à l'ovaire et au » corps maternel en général, que *la vésicule de De Graaf constitue l'œuf des mammifères.* Quant » à l'évolution de cet œuf, elle diffère grandement de celle de l'œuf des autres animaux, chez lesquels » *le noyau de l'œuf* sort tout entier de l'ovaire, non seulement pour servir d'habitation au fœtus futur, mais pour se transformer lui-même en fœtus. Dans les mammifères, au contraire, la vésicule, incluse dans la vésicule de De Graaf, contient un vitellus plus développé, et se montre être » le véritable œuf par rapport au fœtus futur. On pourrait dire que c'est *l'œuf fœtal dans l'œuf maternel.* Les mammifères ont donc un œuf dans l'œuf, ou, s'il est permis de se servir de cette » expression, ils ont un œuf élevé à la seconde puissance. »

(5) *Recherches sur la génération des mammifères*, par Coste, suivi de *Recherches sur la formation des embryons*, par Delpech et Coste, p. 29. Paris, 1834.

face, et ayant des dimensions très variables, selon qu'elles commencent à se développer, ou qu'elles approchent plus ou moins de leur maturité. Loin de préexister aux œufs et de les sécréter, comme on l'a cru quelque temps, elles sont une conséquence de la formation des germes, et constituent autour d'eux un appareil adventif, destiné à les protéger, à favoriser leur maturation, et à effectuer leur expulsion spontanée.

L'ovaire de la femme, dont il est inutile de rappeler ici la forme et la situation, est composé d'un tissu dense, ferme, rougeâtre, comme visqueux, parcouru par de nombreux vaisseaux sanguins, offrant, quand on l'examine au microscope, l'aspect de faisceaux entrelacés de tissu cellulaire, et désigné par Baer (1) sous le nom de *stroma;* il est revêtu immédiatement par une membrane blanche, solide, de structure fibreuse (*tunique albuginée ou enveloppe propre de l'ovaire*), et extérieurement par le péritoine, qui, l'environnant de toutes parts, lui adhère d'une manière intime. Lorsque des œufs se forment dans l'épaisseur de ce tissu, par un mécanisme dont nous essaierons plus loin de caractériser la nature, ils déterminent autour d'eux, comme il arrive en une foule d'autres circonstances dans l'économie animale, la formation de petites vésicules.

Ces vésicules, d'abord imperceptibles à la surface des œufs qui sont profondément situés, sont formées d'une mince membrane appliquée autour de leur enveloppe immédiate. A mesure que les œufs se développent, elles augmentent peu à peu de volume, se remplissent d'un liquide qui les distend progressivement, compriment le stroma environnant, en déterminent pour ainsi dire le feutrage et s'en forment des parois consistantes. A ce moment, elles ont atteint et même dépassé la surface de l'ovaire, au-dessus de laquelle elles proéminent sous la forme de petites tumeurs, parcourues par de nombreux vaisseaux, fortement injectées de sang, et faisant effort sur les tuniques albuginée et péritonéale, dont elles sont prêtes à déterminer la rupture. Leur volume est alors très considérable, relativement au volume total de l'ovaire (2) : d'ailleurs, cet organe présente d'ordinaire une seule vésicule à ce degré de développement; il est rare qu'on en trouve deux et surtout trois, sur un seul des ovaires, ou réparties entre les deux. Chez les femelles de la plupart des mammifères, leur volume est beaucoup moindre et leur nombre bien plus grand; ces différences dépendent du nombre de petits que peuvent produire les diverses espèces dans une seule portée.

Les vésicules de De Graaf offrent à considérer une enveloppe ou paroi, et une cavité. La cavité est tapissée elle-même d'une membrane propre et renferme un liquide particulier.

Outre le feuillet péritonéal qui entoure l'ovaire, et la tunique albuginée, plus ou moins amincie, qui limite de toutes parts son tissu propre, on reconnaît *deux membranes distinctes* à l'enveloppe des vésicules de De Graaf : l'une externe, plus forte, rétractile, constituée par l'espèce de feutrage que détermine la pression centrifuge du liquide s'accumulant dans la vésicule; l'autre interne, formée d'un tissu cellulaire plus délicat, et plus riche en vaisseaux sanguins (3), qui, devenant le siége d'une inflammation à la suite de l'expulsion de l'œuf, aura la plus grande part dans la formation de la cicatrice volumineuse, connue sous le nom de corps jaune. Les vaisseaux de ces deux feuillets membraneux et leurs prin-

(1) *Epistola de ovi mammalium et hominis genesi.* Leipsick, 1827.
(2) Voyez pl. I, fig. 1.
(3) Voyez pl. I, fig. 1.

cipales divisions ont été figurés depuis longtemps, par les anatomistes qui se sont occupés des ovaires et de leurs follicules, notamment par De Graaf (1), et d'une manière plus théorique par Swammerdam (2). Nous les avons représentés (3), d'après nature, sur un ovaire de femme, en même temps que nous avons montré leurs rapports avec les deux feuillets d'enveloppe de la vésicule (fig. 10, *v*) (4).

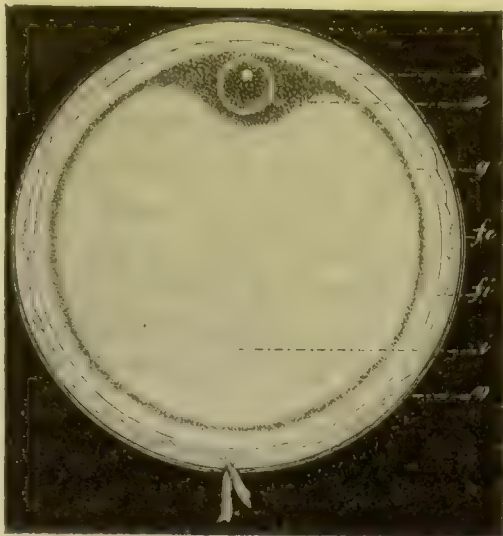


Fig. 10. *Coupe synthétique d'une vésicule de De Graaf.*

La vésicule de De Graaf est doublée, à sa face interne et dans toute son étendue, par une sorte de dépôt granuleux, auquel Baer (5) a donné, par suite de son aspect et de sa composition élémentaire, le nom de *membrane granuleuse* (fig. 10, *g*). Ce dépôt membraniforme est composé d'une multitude de globules, ou plutôt de cellules, dont on distingue le plus souvent, à l'aide du microscope, et la paroi et le noyau. Ces cellules renferment dans leur cavité des granulations plus ou moins nombreuses; elles se touchent mutuellement, mais n'exercent pas une assez forte pression les unes sur les autres pour revêtir la forme polygonale; conservent, au contraire, pour la plupart, un aspect arrondi; sont retenues enfin et comme mastiquées par un liquide albumineux d'une viscosité extrême. Le dépôt granuleux est tellement ténu et friable, que, si l'on ne dissèque la vésicule ovarique avec beaucoup de ménagement, il est aisé de le détruire en partie, et de voir alors ses cellules constituantes troubler, par leur présence, la limpidité du liquide contenu dans cette vésicule. Il ne renferme pas de vaisseaux sanguins : les travaux de Bischoff (6), et les observations plus récentes de Courty (7), ainsi que notre propre vérification, ne nous permettent pas d'en douter. Pouchet (8) ne peut avoir soutenu l'opinion opposée, qu'en ayant pris le feuillet sous-jacent pour la membrane granuleuse elle-même, mince et presque translucide : évidemment il a commis une erreur, surtout en ajoutant qu'il croit avoir vu les vaisseaux de la membrane granuleuse passer sur l'ovule que celle-ci recouvrait. L'œuf, en effet, n'a aucune espèce de liens vasculaires avec ce qui l'entoure, comme nous allons le voir en étudiant ses rapports avec le dépôt granuleux.

Dans le point ordinairement le plus rapproché de la superficie de l'ovaire, et correspondant à la partie libre de la vésicule de De Graaf qui se rompra, les grains de ce dépôt sont plus nombreux, et constituent un renflement, un épaississe-

(1) *Histoire anatomique des parties génitales de l'homme et de la femme qui servent à la génération*, etc., p. 108, pl. XV. Bâle, 1679.

(2) *Miraculum naturæ*, p. 34. Leyde, 1679.

(3) Voy. pl. I, fig. 1.

(4) Coupe synthétique d'une vésicule de De Graaf : *fe* feuillet externe, *fi* feuillet interne; *r* ramifications vasculaires se distribuant à l'un et à l'autre; *i* cavité intérieure pleine d'un liquide transparent, albumineux; *g* membrane granuleuse; *c* cumulus ou disque proligère; *œ* œuf offrant, de dehors en dedans, la membrane vitelline (zone transparente), le vitellus, la vésicule du germe.

(5) *Entwickelungsgeschichte der Thiere*, t. II, p. 179. Königsberg, 1837.

(6) *Traité du développement de l'homme et des mammifères*, p. 7. Paris, 1843.

(7) *De l'œuf et de son développement dans l'espèce humaine*, p. 39. Montpellier, 1845.

(8) *Théorie positive de l'ovulation spontanée*, etc., p. 72. Paris, 1847.

ment discoïde (fig. 10, *c*) (1), auquel Baer (2) avait donné le nom de *cumulus* ou *disque proligère*, par suite de la fausse analogie qu'il établissait entre ce disque granuleux et la cicatricule de l'œuf de l'oiseau. L'œuf (fig. 10, *a*) (3) est logé, et pour ainsi dire niché au milieu de ces granules, dont il ne dépend par aucun lien, ni vasculaire, ni filamenteux. Mais, comme ces granules, un peu plus pressés les uns contre les autres, sont plus étroitement unis dans le point indiqué, soit entre eux, soit à l'œuf qu'ils entourent de tout côté, il s'ensuit qu'ils restent adhérents à ce dernier, après l'ouverture de la vésicule de De Graaf, et qu'ils lui constituent une espèce de zone ou de disque, jusqu'à ce que la dissection, ou l'action naturelle de la trompe et du liquide qu'elle contient, en les dissociant peu à peu, en ait débarrassé l'ovule d'une manière plus ou moins complète.

Chez quelques mammifères, notamment chez le lapin, le dépôt granuleux n'est pas borné à la surface interne de la vésicule et au pourtour de l'œuf. Il forme encore des espèces de filaments, s'entre-croisant, se soudant entre eux, et sillonnant en divers sens la cavité du follicule de De Graaf. Bien qu'ils aient été niés par Bischoff (4), qui, sans doute, n'a pu les apercevoir, il est assez facile d'en constater la présence. Seulement, au lieu de nous ranger à l'avis de Barry (5), et de voir dans ces prolongements qu'il désigne sous le nom de *rétinacles*, des espèces de *gubernaculum* de l'œuf, nous croirions plutôt, avec Courty (6), que leur formation n'a pas de but particulier, et qu'elle résulte simplement d'une abondance extrême de granules, au milieu desquels le liquide s'est creusé des lacunes et des sillons irréguliers, pendant l'accroissement de la vésicule ovarique.

Enfin, le liquide (fig. 10, *l*), dont est remplie cette petite poche, est très abondant dans l'espèce humaine, au moment de la maturité. Clair, visqueux, il ne contient que des granulations microscopiques avec quelques globules huileux et transparents. Quand on ouvre une vésicule de De Graaf bien distendue, et prête à se rompre, il s'en échappe avec force, entraînant avec lui le renflement discoïde de la membrane granuleuse, et par conséquent l'œuf lui-même, enchâssé dans ce cumulus. Si l'on veut alors examiner l'œuf, il faut l'agiter légèrement avec la pointe d'une aiguille, pour favoriser la disjonction ou la dissolution des granules qui l'entourent, et le tenir toujours humecté : mais, comme l'action de l'eau altère son organisation, et que le liquide de la vésicule de De Graaf sèche bientôt autour de lui, on obvie à cet inconvénient en plaçant l'œuf dans de l'humeur aqueuse, préalablement extraite de l'œil, ou, à son défaut, dans de l'eau légèrement sucrée ; enfin on le porte sous le microscope.

L'*œuf*, ainsi isolé, se présente sous la forme d'une petite sphère, ayant, à l'état de maturité, un diamètre d'environ 1/10ᵉ à 1/7ᵉ de millimètre, environnée d'une membrane qui offre l'aspect d'un espace transparent, et renfermant une matière granuleuse plus ou moins obscure avec une vésicule intérieure très claire ; en un mot, composée des éléments que nous avons déjà désignés sous les noms de membrane vitelline, vitellus et vésicule germinative.

La *membrane vitelline* (7) se présente sous l'aspect d'un anneau clair fort large,

(1) Voyez aussi pl. I, fig. 1.
(2) *Epistola de ovi mammalium et hominis genesi*, p. 13, 18. Leipsik, 1827.
(3) Voyez aussi pl. I, fig. 1. *o, o*.
(4) *Traité du développement de l'homme et des mammifères*, p. 8. Paris, 1843.
(5) *Philosoph. Transact.*, P. II, p. 320 ; 1838.
(6) *De l'œuf et de son développement dans l'espèce humaine*, p. 40. Montpellier, 1845.
(7) Voyez pl. I, fig. 2 et fig. 3, *m v*.

dont les contours externe et interne sont accusés par deux lignes circulaires bien tranchées, tandis que l'intervalle est tout à fait transparent. De là le nom de *zone transparente* que lui avait donné Baer (1) en la décrivant pour la première fois, et que Bischoff (2) lui a conservé, tout impropre qu'il est. Baer l'avait encore nommée *chorion*, eu égard à la partie de l'œuf qu'elle représente plus tard, pendant le développement. Coste (3) lui a donné, avec plus de raison, le nom de *membrane vitelline*, pour rappeler son analogie avec la membrane du jaune de l'oiseau. Krause (4) et Valentin (5) avaient pensé que c'était une simple couche d'albumine enveloppant la sphère du jaune ; les mêmes auteurs, et après eux Wharton Jones (6), Barry (7) et Wagner (8), supposèrent en outre l'existence d'une membrane vitelline propre, située en dedans de cette zone, et mise en évidence par la rétraction du vitellus. Mais l'une et l'autre opinion sont également dénuées de toute espèce de fondement. Bernhardt (9), Henle (10), J. Müller (11) et Courty (12) adoptent avec raison l'interprétation de Coste. Si Pouchet (13) a prétendu dernièrement que cette zone pourrait bien être l'effet du développement que prennent les œufs en traversant les trompes, cela tient sans doute à ce qu'il n'a pas observé suffisamment l'œuf dans l'ovaire.

Quand on comprime l'œuf sous le microscope, ou quand on le fend à l'aide d'une aiguille très fine, pour déchirer la membrane vitelline, on voit que celle-ci, en laissant échapper son contenu, conserve néanmoins toute son épaisseur (14). Cette épaisseur est très apparente à la surface de la déchirure, et aucun liquide ne s'écoule par l'effet de la pression. La membrane vitelline paraît d'ailleurs hyaline, sans texture déterminée, et douée d'une grande élasticité ; car elle ne se rompt que difficilement, et après s'être fortement distendue et déformée sous l'effort du compresseur.

Le *vitellus* (15) touche de toutes parts à la paroi interne de cette membrane. Il consiste en une quantité innombrable de très fins granules, unis ensemble par une humeur très visqueuse, et susceptibles d'éprouver un retrait en masse, lorsque de l'eau pénètre, par endosmose, entre lui et la membrane vitelline. Ce retrait est la principale cause de l'erreur dans laquelle sont tombés, comme nous venons de le dire, certains anatomistes qui supposaient la masse vitelline entourée d'une membrane particulière, extrêmement ténue. Pour se convaincre qu'il n'en est rien, il suffit de déchirer la zone transparente : on voit alors s'en échapper, non la masse du jaune, mais les granules qui la composent, plus ou moins dissociés. Pou-

(1) *De ovi mammalium et hominis genesi*, p. 9. — *Ejusdem commentarius in Heusinger's Zeitschrift*. Be 2, Heft 2, p. 168, 190. — Voyez aussi la traduction de Breschet, dans son *Répertoire d'anatomie*. Paris, 1829.

(2) *Ouv. cit.*, p. 9.

(3) *Recherches sur la génération des mammifères*, p. 27. Paris, 1834. — *Embryogénie comparée*, p. 80. Paris. 1837.

(4) *Müller's Arch.*, p. 27 ; 1837.

(5) *Repertorium*, t. III, p. 100.

(6) *London and Edinburgh philosophical Magazine*, t. VII, p. 209 ; 1835.

(7) *Philosoph. Transact.*, P. II, p. 316 ; 1838.

(8) *Traité de physiologie*. — *Histoire de la génération et du développement*, traduit par Habets, p. 40, 49. Bruxelles, 1841.

(9) *Symbolæ ad ovi mammalium historiam*, p. 17, 40. Breslau, 1834.

(10) *Anatomie générale*, trad. par Jourdan, t. II, p. 546. Paris, 1843.

(11) *Manuel de physiologie*, trad. par Jourdan, t. II, p. 605. Paris, 1845.

(12) *De l'œuf et de son développement dans l'espèce humaine*, p. 12. Montpellier. 1845.

(13) *Théorie de l'ovulation spontanée*, p. 50. Paris, 1847.

(14) Voyez pl. I, fig. 3, *m v*.

(15) Voyez pl. I, fig. 2, 3, *j*.

chet (1) a commis encore une erreur en avançant que la substance du jaune est formée de vésicules, remplies elles-mêmes d'un fluide dans lequel nagent des granules. Cette dernière disposition ne se rencontre que dans les œufs des oiseaux et dans tous ceux qui se rapportent au même type; elle n'existe jamais chez l'homme et chez les mammifères. Il résulte même, de cette différence et de quelques autres, une interprétation nouvelle de l'œuf des vivipares, sur laquelle nous aurons à revenir bientôt, quand nous devrons comparer cet œuf à celui des ovipares, et lorsque nous nous occuperons du phénomène de la segmentation du vitellus.

La *vésicule germinative* (2) est, comme son nom l'indique, une petite vésicule de 1/35e à 1/30e de millimètre en diamètre, très fragile, fort transparente, se détruisant si facilement après la mort, que Baer ne l'avait pas aperçue. Après Coste (3), à qui, avons-nous déjà dit, on doit sa découverte, Bernhardt (4) l'étudia avec soin chez plusieurs mammifères, et Wharton Jones (5) confirma le résultat de ces recherches par de nouvelles observations. Elle est située au milieu des granules du vitellus, qui peuvent la dissimuler, suivant le sens dans lequel l'œuf se trouve tourné sur le porte-objet; car elle a une position excentrique, et se trouve parfois presque en contact avec un des points de la membrane du jaune. Elle est parfaitement sphérique, formée d'une enveloppe membraneuse très délicate et d'un contenu liquide, variable chez les divers animaux. Tantôt ce liquide, hyalin, transparent, et d'une pureté extrême, comme cela a lieu dans l'œuf de la poule, n'est troublé par la présence d'aucun corpuscule solide; tantôt, au contraire, il renferme une certaine quantité de corpuscules, dont le nombre, l'aspect, les dimensions diffèrent beaucoup d'une espèce à l'autre. Wagner (6), qui les a signalés le premier, leur a attribué une grande importance, et leur a donné, par suite, le nom de *taches germinatives*. Mais cette dénomination est doublement impropre; car, non seulement ce ne sont pas des *taches*, mais encore rien n'indique qu'elles doivent jouer le rôle de germe, et ne justifie, par conséquent, l'expression de *germinatives*. On en jugera par les considérations suivantes.

D'abord l'existence de ces prétendues taches n'est pas constante. Outre que Purkinje (7) n'avait jamais vu de corpuscule germinatif dans la vésicule de l'œuf des oiseaux, Wagner lui-même (8) avait signalé la difficulté, et le plus souvent l'impossibilité où l'on est d'en découvrir un seul. Coste (9) ne fut pas plus heureux

(1) *Ouv. cit.*, p. 51 et suiv. Paris, 1847.

(2) Voyez pl. I, fig. 2, 3, *v g*.

(3) *Recherches sur la génération des mammifères*, p. 29. Paris, 1834.

(4) *Ouv. cit.* — On a si souvent disputé à Coste la découverte de la vésicule germinative, qu'il est bon de citer ici la première phrase du travail d'A. Bernhardt. Elle suffit pour établir, sans partage, les droits de l'embryologiste français : « Quamnam eligerem materiam pro Doctoris gradu dis- » putaturus, quùm diu multumque hæsitarem, accidit, ut, quæ tunc forte innotuerant, *Costii* » circa mammalium ova experimenta reiteranda mihi proponerentur, eo potissimum animo, ut » istius auctoris de vesiculâ proliferâ mammalium commenta — talia enim tunc videbantur — novis » fidisque redarguerer observationibus. »

(5) *London and Edinburgh philosophical magazine*, t. VII, p. 209; 1835. — On pourrait croire encore, sur la foi de plusieurs auteurs, que Wharton Jones a vu le premier la vésicule du germe dans l'œuf des mammifères, si sa publication n'était postérieure d'une année à celle de Coste, et s'il n'avait reconnu lui-même, depuis cette époque, les droits de ce dernier anatomiste à la priorité de cette découverte, notamment dans un rapport sur l'ovologie, publié dans le *British and foreign medical Review*, 1843, n° 32.

(6) *Prodromus historiæ generationis*. Leipsik, 1836. — *Traité de physiologie*. — *Histoire de la génération et du développement*, traduit par Habets, p. 43. Bruxelles, 1841.

(7) *Symbolæ ad ovi avium historiam ante incubationem*. Breslau, 1825; Leipsick, 1830.

(8) *Prodromus historiæ generationis*, p. 11. Leipsick, 1836.

(9) *Études ovologiques*, dans les *Annales françaises et étrangères d'anat. et de physiologie*, t. II, p. 221; 1838.

dans cette laborieuse recherche, et, de plus, il démontra que l'apparence d'une tache germinative ne se manifeste, chez la poule, que quelque temps après la mort, par suite de l'exposition à l'air et d'une véritable altération organique; chez la raie, qu'après un séjour dans l'eau plus ou moins prolongé, etc. Courty (1) affirme aussi qu'elle manque totalement dans les vésicules d'un certain nombre d'animaux; tandis que chez plusieurs autres, et en particulier chez certains lézards, on compte plus de trente corpuscules germinateurs. Coste (2), répétant ses premières expériences, s'est convaincu de nouveau que son apparition se lie à l'influence purement physique de circonstances extérieures chez la poule, la dinde, le vanneau, le canard, etc.

Ainsi, d'un côté la vésicule germinative est homogène, et privée de tout corpuscule intérieur, chez un grand nombre d'oiseaux et chez certains poissons; d'un autre côté, elle tient en suspension un corpuscule unique, chez l'homme et les mammifères, les mollusques gastéropodes, les oursins, les ascidies composées, etc. Enfin, elle est pourvue de corpuscules multiples chez les lézards, les tortues, les squales, les crustacés décapodes, etc. Ces corpuscules se présentent, tantôt sous la forme de vraies cellules ou de globules; tantôt comme un amas granuleux, régulièrement sphéroïdal, appliqué sur un point interne de la paroi de la vésicule germinative. Coste (3) fait observer encore que, chez les animaux où ils sont multiples, leur nombre est d'autant plus grand et leur volume d'autant plus petit, que l'œuf est plus près du terme de sa maturité.

De toutes ces différences, ne doit-on pas conclure que la tache germinative est loin d'être ce qu'avait supposé Wagner (4) : « le véritable germe déjà vivant et formé » avant la conception, passant plus tard dans le blastoderme d'où le fœtus tire » son origine, et formant la partie centrale de cette membrane de l'embryon? » La supposition de Barry (5), que cette tache, consistant elle-même en une cellule, formerait, par une sorte de multiplication, un certain nombre de nouvelles cellules desquelles l'embryon prendrait naissance, n'est pas non plus justifiée par les faits, et, par conséquent, n'est pas plus admissible que celle de Wagner. Nous en dirons autant du sentiment de Vogt (6), qui croit avoir vu la supposition de Barry se réaliser dans les observations qu'il a faites sur les batraciens et sur les poissons osseux. Ces deux physiologistes n'ont produit d'ailleurs aucune preuve certaine à l'appui de la précédente hypothèse; et Bischoff (7), ainsi que tous ceux qui se sont occupés plus récemment de ce point délicat d'ovologie, n'ont pu justifier, par aucun procédé d'observation, une pareille destination de la tache germinative.

Cette tache ne paraît donc jouer aucun rôle dans la formation du germe; son existence se lie sans doute aux premières époques du développement de l'œuf ovarique. Car elle semble sur le point de se détruire, dans l'œuf mûr, comme une partie qui a fini de remplir l'usage auquel elle était destinée. Il en est probablement de même de la vésicule du germe, à laquelle on a attribué, jusqu'à ce jour, la plus grande part dans la formation du nouvel être.

(1) *Ouv. cit.*, p. 54.
(2) *Histoire générale et particulière du développement des corps organisés*, p. 125. Paris, 1847.
(3) *Ouv. cit.*, p. 121.
(4) *Prodromus historiæ generationis*, p. 5. Leipsick, 1836.
(5) *Philosoph. Transact.*, P. II, p. 529; 1839-1840.
(6) *Untersuchungen über die Entwickelungsgeschichte der Geburtshelferkrote*. Soleure, p. 12; 1841. — *Embryologie des salmones*, p. 37. Neufchâtel, 1842.
(7) *Traité du développement de l'homme et des mammifères*, p. 12. Paris, 1843.

Mais, pour ne pas anticiper sur l'ordre naturel des faits, nous devons retarder la solution de ce problème jusqu'à l'époque à laquelle nous traiterons des premiers phénomènes de la conception et de la disparition de la vésicule germinative. Pour le moment, nous allons rechercher, dans l'œuf de l'oiseau, les parties analogues à celles que nous venons de décrire dans l'œuf humain, afin de fixer les idées sur le degré de similitude qui existe entre l'un et l'autre, et de nous faciliter les moyens de reconnaître les vrais points de concordance, entre les phénomènes dont tous les deux deviendront bientôt le siége.

L'œuf de l'oiseau, à son état de maturité, et surtout à sa sortie de l'ovaire, et après la ponte, offre un volume bien plus considérable que celui des mammifères. Mais ce n'est pas à dire, pour cela, que les éléments de cet œuf, qui sont les analogues de ceux que nous avons énumérés dans l'œuf de l'homme, y aient des dimensions aussi disproportionnées. Au contraire, les dernières découvertes ovologiques tendent à établir de l'analogie entre des portions organiques qui sont moins dissemblables qu'on ne l'avait présumé jusqu'ici.

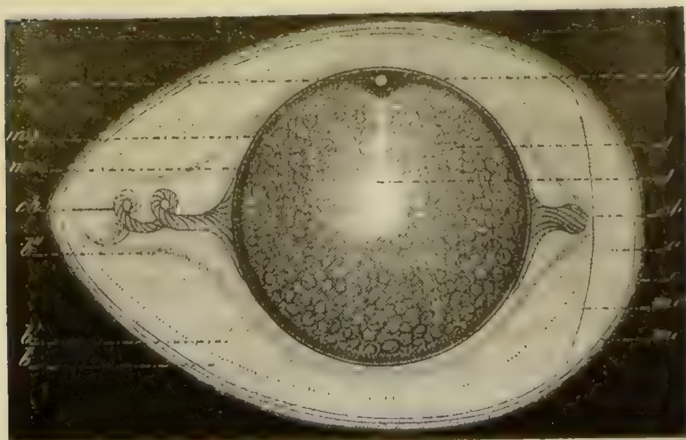


Fig. 11. *Œuf d'oiseau* (*).

Si nous faisons abstraction, en effet, de la coquille et de la membrane coquillière, des diverses couches de blanc et des chalazes, qui se forment autour de l'œuf, à mesure qu'il parcourt toute l'étendue de l'oviducte ; et si nous examinons un œuf de poule au moment où il va quitter la capsule ovarienne, nous y trouverons, de dehors en dedans, la membrane vitelline (fig. 11, *mv*), proportionnellement bien plus mince que dans l'œuf humain, et d'une structure manifestement fibreuse ; un dépôt granuleux (*mg*), dont nous allons donner la signification, se continuant avec un amas bien plus épais de granules et de petits globules, qui constituent la cicatricule (*g*), au centre de laquelle est la vésicule du germe ou de Purkinje (*vg*) ; la masse du jaune ou vitellus (*j*), et une apparence de cavité, en forme de bouteille à long goulot (*j'*), à laquelle Purkinje avait donné

(*) Cette figure représente une coupe théorique de l'œuf de la poule, sur laquelle on a conservé tous les rapports et toutes les proportions qui existent dans la nature.

Parties de l'œuf, encore contenu dans l'ovaire : v g vésicule germinative (on ne la figure ici que pour indiquer sa position, car elle disparait dès que l'œuf sort de l'ovaire, et, par conséquent, elle n'existe plus, depuis longtemps, sur un œuf pondu, et environné, comme celui-ci, de toutes ses parties adventives) ; *g* cicatricule ou blastoderme ; *m g* couche granuleuse très mince, de même nature que la cicatricule, et doublant la face interne de la membrane vitelline, dans toute son étendue ; *j* jaune ou vitellus, où l'on a simulé de grandes vésicules, pour rappeler sa composition élémentaire ; *j'* prétendue cavité du jaune ; *m v* membrane vitelline.

Parties adventives dont s'entoure l'œuf, en parcourant toute la longueur de l'oviducte : c h chalazes ; *b'' b'*, *b* couches interne, moyenne et externe du blanc répondant à trois dépôts successifs d'albumine, faits à trois époques différentes du trajet de l'œuf dans le canal vecteur ; *m c'* feuillet interne de la membrane coquillière ; *m c* feuillet externe de la même membrane ; *a* chambre à air, située au gros bout de l'œuf, dans l'intervalle que ces deux feuillets écartés laissent entre eux ; *c* coque ou coquille.

le nom de *latebra*, résultant de la transparence des vésicules et des globules vitellins qui occupent cette région.

Quand on vient à tourner l'œuf de manière à placer la cicatricule dans un plan horizontal, cette cicatricule (fig. 12, *g*) se présente sous l'aspect d'un disque blanc, percé au centre, en rapport par sa circonférence externe avec la surface sphérique du jaune (*j*), et par sa circonférence interne avec la vésicule germinative (*v g*) dont l'extrême diaphanéité produit l'aspect d'un trou, qui se détache en noir sur le fond blanc mat de la cicatricule.

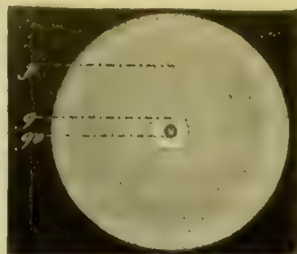


Fig. 12. *Cicatricule.*

Mais cet œuf d'oiseau a une structure en apparence bien différente, quand il est encore à l'origine de son développement : en effet, son organisation paraît alors identique avec celle de l'œuf des mammifères; l'un et l'autre sont constitués seulement par une membrane vitelline, renfermant une petite masse de granulations opaques, au sein de laquelle est logée la vésicule du germe. Mais, tandis que cette organisation initiale de l'œuf des mammifères persiste comme organisation permanente, ou du moins ne se modifie que fort peu, l'organisation initiale de l'œuf des oiseaux passe bientôt par une série de modifications, dont le but n'est pas d'altérer les parties fondamentales, mais d'ajouter à ces éléments similaires un élément nouveau, une masse volumineuse de matière nutritive. Plusieurs observateurs, entre autres Prévost et Lebert (1), et Pouchet (2), avaient fait une analyse microscopique assez détaillée des éléments qui entrent dans la composition du vitellus; mais ils n'avaient saisi ni leurs connexions, ni surtout leur mode de formation et la marche naturelle de l'évolution de l'œuf. Cette dernière lacune a été comblée par Coste (3), à qui nous emprunterons tous les faits propres à éclairer la question qui nous occupe.

On voit d'abord le petit amas de granules, qui constitue primitivement l'œuf de l'oiseau, poussé de dedans en dehors, s'étaler sur la face interne de la membrane vitelline. Il se convertit ainsi en une couche granuleuse, dont la portion centrale, conservant une épaisseur proportionnellement considérable, représente une espèce de noyau. Ce noyau n'est autre chose que le futur *cumulus* ou la *cicatricule*, dont l'organisation ne subira plus, ou presque plus, de changement : il consistera toujours en une masse de granules et de globules fort ténus, semblables à ceux dont il est déjà formé, et il renfermera toujours, comme à l'origine, la vésicule de Purkinje, logée dans son milieu. On comprend d'ailleurs que, dans ce moment, cette vésicule et ce cumulus sont l'un et l'autre très volumineux, par rapport au reste de l'œuf, dont ils remplissent presque entièrement la cavité.

La manifestation de la cicatricule et de la couche granuleuse, dont nous venons de parler, est provoquée par une formation nouvelle : des globules moléculaires s'organisent au centre même de l'œuf, aux dépens des liquides albumineux, qui y pénètrent par endosmose; ils y prennent du développement, et, par suite, refoulent vers la périphérie les granulations primitives, qui constituent alors la membrane granuleuse et son noyau. Ces globules moléculaires, devenant

(1) *Annales des sciences naturelles*, 3e série. *Zoologie*, tom. I, p. 302, 1844.
(2) *Ouv. cit.*, p. 33, 51. Paris, 1847.
(3) *Histoire générale et particulière du développement des corps organisés*, p. 91. Paris, 1847.

bientôt fort nombreux, déterminent dans l'œuf un accroissement rapide ; ils sont tous primitivement compactes et solides, et conservent pendant quelque temps une grande transparence, ce qui explique pourquoi l'on ne voit pas paraître d'abord, dans le vitellus de l'oiseau, la couleur jaune qui le caractérise. Plus tard, ils se convertissent en vésicules, au sein desquelles on découvre un premier noyau, puis deux, puis un plus grand nombre (fig. 13, *b*) : cette transformation s'opère en eux, soit par une liquéfaction de la portion centrale, coïncidant avec une persistance de solidité à la surface ; soit par la formation périphérique d'une mince membrane enveloppante, dont le reste du globule s'isole peu à peu. Les vésicules, ainsi nouvellement formées, prennent un accroissement rapide, et, en même temps, leur contenu se modifie : la génération de noyaux, qui a commencé à se faire dans leur intérieur, s'accomplit avec une intensité toujours croissante, et bientôt chacune de ces vésicules, atteignant dans l'œuf à maturité un volume de 1/10 de millimètre (fig. 13, *a*), se trouve remplie d'innombrables globules moléculaires, solides, homogènes, dont la présence obscurcit sa cavité, et devient la cause de la couleur jaune que prend alors le vitellus.

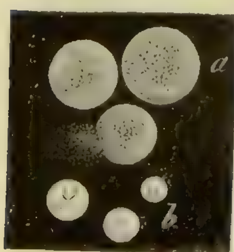


Fig. 13. *Éléments vésiculaires de l'œuf d'oiseau.*

Mais ce travail organisateur, qui préside à la génération de granules moléculaires dans la cavité des vésicules vitellines, ne se fait pas avec la même activité dans tous les points de l'œuf : il marche avec beaucoup plus de promptitude à la périphérie qu'au centre ; de telle sorte que, dans ce dernier point, reste toute une région (fig. 11, *j'*), étendue d'un côté jusqu'au cumulus, dans laquelle on ne trouve que des vésicules à noyaux, c'est-à-dire des vésicules à la première période de leur développement (fig. 13, *b*). Si l'on se rappelle, d'après ce que nous venons de dire, que ces vésicules sont transparentes, on comprendra facilement que, de leur présence au centre du jaune, résulte cette apparence de cavité (*latebra*) qui a causé tant d'embarras aux ovologistes, et donné prétexte à de si étranges hypothèses.

Parmi ces hypothèses, il en est une qui est devenue, pour ainsi dire, si classique, que je ne puis passer outre sans la combattre : je veux parler du prétendu mouvement de la vésicule de Purkinje, dont le déplacement, du centre vers la surface de l'œuf, serait la cause de cette sorte de raréfaction locale des globules vitellins. En effet, tandis que Purkinje (1), dans son admirable travail sur l'œuf de l'oiseau, avait comparé cette *latebra*, pleine de lymphe spécifiquement plus pesante que la substance à demi-huileuse du vitellus, à un fil à plomb destiné à ramener toujours en haut la cicatricule, pendant l'incubation ; Wagner (2) la regarda (on ne saurait dire pourquoi) comme une véritable cavité, produite par le mouvement ascensionnel de la vésicule du germe, qu'il supposa placée primitivement au centre. Mais, outre qu'il n'existe pas de cavité du jaune, et que, d'après ce qu'on vient de lire, la cause de cette apparence nous est aujourd'hui connue, on peut affirmer encore que la vésicule germinative n'a jamais occupé le centre du vitellus. Si, d'un côté, elle peut paraître centrale quand l'œuf est très petit, il est certain, d'un autre côté, qu'elle n'abandonne jamais le voisinage de la membrane vitelline, à mesure que l'œuf s'accroît, retenue qu'elle est par le cumulus qui l'enveloppe, et la couche

(1) *Symbolæ ad ovi avium historiam ante incubationem*, p. 8. Leipsick, 1830.

(2) *Traité de physiologie. Histoire de la génération et du développement*, traduit par Habets, p. 11, 13, Bruxelles, 1841.

granuleuse qui dépend de ce cumulus. Purkinje avait trop bien étudié l'œuf ovarique, pour qu'un pareil déplacement dans la vésicule du germe lui fût jamais venu à l'esprit; aussi n'en parle-t-il en aucun endroit de son mémoire. Il est donc inutile de chercher à expliquer ce prétendu mouvement ascensionnel de la vésicule germinative, soit en attribuant à cette dernière, comme l'ont fait plusieurs physiologistes, un poids spécifique différent de celui des autres éléments de l'œuf; soit en lui supposant, avec Duvernoy (1), un *gubernaculum* qui l'attirerait, de sa position primitive, dans une position excentrique.

Il résulte de ce qui précède que l'œuf de l'oiseau ne renferme, outre la cicatricule et la vésicule du germe, que des vésicules à noyaux, de diverses dimensions, et de grandes vésicules granuleuses. Hormis ces deux ordres de vésicules vitellines, il n'y a ni liquide, ni granules libres dans le jaune de l'œuf. Or, si l'on se souvient que ni l'un ni l'autre de ces deux éléments (vésicules à noyaux et grandes vésicules granuleuses), ne se trouve dans l'œuf des mammifères, on sentira qu'il n'est guère possible d'assimiler rigoureusement ce qu'on appelle le vitellus, dans ce dernier, à l'amas de vésicules granuleuses qui constitue le véritable jaune, dans l'œuf de l'oiseau. Il n'y a entre eux, quoi qu'en dise Pouchet (2), aucune analogie.

D'ailleurs, il n'y a, dans cette dissemblance, rien qui doive nous étonner : en effet, cette sphère vitelline, qui forme la partie la plus volumineuse de l'œuf de l'oiseau, est une provision de nourriture destinée à satisfaire aux besoins de l'embryon futur; mais elle n'est pas le germe. Le contraire existe dans l'œuf des mammifères : ne portant pas avec lui sa matière nutritive, qu'il est destiné à trouver dans l'utérus, cet œuf se réduit à une partie essentielle, l'élément germinateur. Que si maintenant nous recherchons, dans l'œuf de l'oiseau, la partie purement germinative, la seule qui soit comparable à l'œuf des mammifères pris en totalité, nous ne tarderons pas à la rencontrer dans cet amas de granulations, qui tient embrassée la vésicule du germe, et auquel on donne le nom de cicatricule. Cet amas ou cumulus est, en effet, granuleux, comme le contenu de l'œuf humain; il forme à lui seul la totalité de l'œuf, pris, chez l'oiseau, au terme initial de son développement, comme il forme à lui seul tout l'œuf des mammifères, depuis une époque voisine de son origine jusqu'à sa complète maturité; enfin la vésicule de Purkinje est logée dans son épaisseur, comme celle de Coste dans le vitellus de l'œuf humain. Plus tard, nous invoquerons, à l'appui de cette analogie, de nouvelles considérations, d'une valeur supérieure peut-être à celle des raisons que nous venons d'énumérer; mais la similitude nous paraît déjà suffisamment établie, par la comparaison dont nous venons de mettre les termes en regard, pour qu'on doive, dès à présent, l'accepter comme un fait acquis.

Enfin, le résultat que nous venons d'établir, comme conséquence de la comparaison de l'œuf des oiseaux avec l'œuf des mammifères, loin de se borner à ces deux classes du règne animal, paraît s'appliquer aux œufs de tous les animaux, et devenir la source de distinctions radicales entre les uns et les autres. Il existe, sous ce rapport, deux catégories. La première comprend les animaux qui ont une cicatricule distincte (oiseaux, reptiles écailleux, poissons cartilagineux, céphalopodes); leur vitellus est composé de vésicules remplies de matière nutritive; la

(1) *Leçons d'anatomie comparée* de Cuvier, 2e édition, t. VIII, p. 55, Paris, 1846.
(2) *Ouv. cit.*, p. 51. Paris, 1847.

cicatricule, exclusivement formée de granulations élémentaires, y représente seule le germe. La seconde renferme les animaux chez qui, une cicatricule distincte n'existant pas, le vitellus tout entier a une constitution analogue à celle de la cicatricule, et, par conséquent, pris dans sa totalité, constitue le germe (mammifères, batraciens, et la plupart des invertébrés à l'exception des céphalopodes). Dans les œufs de la première catégorie, il y a un élément fondamental qui est la cicatricule, et un élément accessoire qui est le jaune ; dans les œufs de la seconde, il n'y a plus que l'élément fondamental, c'est-à-dire le germe, ou l'analogue de la cicatricule. Mais il est sans doute aussi des intermédiaires entre l'une et l'autre : chez certains animaux, dont le jaune est très albumineux, les granulations du germe restent uniformément dispersées dans toute l'étendue de l'œuf jusqu'au moment de la ponte ; elles émigrent toutes, après la fécondation, vers un point déterminé de sa surface, et y constituent une véritable cicatricule, qui devient alors le siége de phénomènes analogues à ceux qui se passent dans la cicatricule de l'œuf de l'oiseau : les poissons osseux sont, jusqu'à ce jour, les seuls animaux qui nous offrent l'exemple de ce type transitoire, relativement à la constitution de l'œuf.

Après avoir fait connaître les éléments dont se compose l'œuf humain, et fixé les idées sur la signification de chacun d'eux, par la comparaison que nous avons établie entre eux et les divers éléments de l'œuf des autres animaux, nous devons compléter cette notion du produit générateur femelle, en disant ce qu'on sait de *son origine* et du *mécanisme de sa formation.*

Purkinje (1), ayant observé que la vésicule germinative existe dans les œufs d'oiseaux où la substance vitelline est encore peu abondante, et qu'elle a même atteint, dans les plus petits, un volume considérable, supposa que, de toutes les parties de l'œuf, elle était la première créée, et devenait un centre de formation, autour duquel s'organisaient le vitellus et la membrane vitelline. Baer (2) accepta bientôt cette hypothèse, et la soutint de son autorité. Mais Wagner (3), ayant découvert la tache germinative, ne tarda pas à admettre qu'elle apparaissait la première, et que la vésicule du germe s'organisait autour d'elle, de même que le vitellus et sa membrane se formaient, postérieurement, autour de cette dernière. Plus tard néanmoins, en étudiant avec plus de soin l'ovaire tubuleux des insectes, qui avait été le sujet de ses premières observations, il reconnut que la membrane vitelline enveloppe la vésicule germinative, dans les œufs les plus petits, et ébranla ainsi sa propre théorie et celle de ses prédécesseurs (4).

Schwann (5), acceptant les premiers faits, pensa que l'œuf entier est une cellule primaire, et qu'il se développe, d'après le mode que nous décrirons en exposant la théorie cellulaire : la tache germinative apparaîtrait d'abord, comme nucléole ; puis la vésicule du germe, comme noyau ; autour de celui-ci s'organiserait la membrane vitelline, comme paroi de cellule dans l'intérieur de laquelle s'amasserait enfin le jaune, comme contenu de cellule. Mais son opinion n'a pas été partagée par les physiologistes qui se sont le plus appliqués

(1) *Symbolæ ad ovi avium historiam ante incubationem*, p. 5. Leipsick, 1830.

(2) *Lettre sur la formation de l'œuf*, traduct. franç. de Breschet, p. 14. Paris, 1829.

(3) *Prodromus historiæ generationis*, p. 9. Leipsick, 1836.

(4) *Traité de physiologie. — Histoire de la génération et du développement*, traduit par Habets, p. 46. Bruxelles, 1841.

(5) *Mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Structur und im Wachsthum der Thiere und Pflanzen*, p. 49, 258. Berlin, 1839.

à la solution de ce problème. D'après les observations de Barry (1), Valentin (2), Henle (3), Bischoff (4), Courty (5), les portions centrales de l'œuf (tache et vésicule germinatives) seraient toujours, il est vrai, les premières développées; mais la membrane vitelline ne se formerait pas autour de ces portions centrales, comme une cellule autour d'un noyau, pour être ensuite remplie peu à peu par le vitellus. Au contraire, de fines granulations commenceraient à envelopper la vésicule du germe; puis un nombre de granules toujours croissant viendrait se déposer successivement autour d'elle, et former une masse vitelline; ce vitellus s'entourerait enfin d'une membrane simple et anhyste, c'est-à-dire de la zone transparente.

Toutefois, les derniers travaux de Coste, sans nous ramener à la théorie de Schwann, sont loin de justifier cette dernière manière de voir; ils introduisent même, dans la science, une opinion tout opposée à celle qu'on se faisait, jusqu'à ce jour, de l'origine de l'œuf : en effet, les divers éléments de ce dernier, au lieu de se montrer du centre à la circonférence, se développeraient de la circonférence au centre. Voici quel paraît être, d'après Coste (6), le mécanisme de cette formation. Un globule moléculaire se détache de l'ovaire et reste libre dans une des loges de cet organe. Ce globule, d'abord plein, homogène, solide, se transforme en une vésicule transparente (la membrane vitelline). Dans la cavité naissante de celle-ci, se forme presque simultanément un nouveau globule, qui se convertit à son tour en vésicule germinative, au sein de laquelle peuvent naître une ou plusieurs macules germinatives. La vésicule germinative remplit d'abord presque toute la cavité de la membrane vitelline; mais peu à peu le vitellus s'accumule entre ces deux vésicules emboîtées, la membrane vitelline grandit rapidement, et s'éloigne de la vésicule germinative, qui finit par ne plus occuper, dans sa cavité distendue, qu'une place très restreinte.

Quelle que soit l'opinion qu'on adopte sur l'origine de l'œuf, il est certain que la vésicule germinative est un des premiers éléments qui s'organisent en lui. Le volume considérable de cette vésicule, eu égard au reste de l'œuf, dans les premières périodes du développement de ce dernier, nous indique que sa destination est de présider à la formation du dépôt granuleux qui se formera bientôt autour d'elle. Cette masse granuleuse, qui est le germe, seule ou accompagnée de matières nutritives, devient alors la partie importante de l'œuf, et la vésicule germinative semble, dès ce moment, avoir terminé son rôle.

Pour suivre tous ces degrés de l'évolution des œufs, il faut les étudier dans l'ovaire d'une femme adulte, où il est facile d'en trouver à toutes les périodes de leur formation. Mais cela ne suffit pas, et si l'on veut remonter à l'époque où apparaissent, dans cet organe, les rudiments des premiers œufs, il faut soumettre à un examen plus attentif les ovaires de petites filles, et même de fœtus.

Il semble que la formation des œufs devrait commencer seulement aux approches de la puberté, et au moment où les femelles vont devenir aptes à reproduire

(1) *Philosophical Transactions*, P. II, p. 301 et suiv., 1838.
(2) *Müller's Archiv.*, p. 230; 1840.
(3) *Anatomie générale*, trad. par Jourdan, t. II, p. 569. Paris, 1843.
(4) *Traité du développement de l'homme*, p. 366. Paris, 1843.
(5) *Ouv. cit.*, p. 45. Montpellier, 1845.
(6) *Histoire générale et particulière du développement des corps organisés*, t. I, p. 155. Paris, 1847.

leur espèce; mais l'expérience a démontré que l'origine de ce phénomène remonte à des temps bien antérieurs. Carus (1) annonça le premier, il y a quelques années, qu'on rencontre des œufs, contenus dans des vésicules de De Graaf, chez des filles qui viennent de naître, et jusque dans les ovaires des fœtus femelles. Négrier (2), quoiqu'il n'ait pas connu l'œuf, a signalé plus tard l'existence de vésicules de De Graaf, dans les ovaires de très jeunes enfants, et décrit le développement que leur impriment les progrès de l'âge. Enfin Bischoff (3), Courty (4) et Coste (5) ont étudié, plus récemment, le même sujet, et décrit l'état des œufs pendant la période fœtale. Le premier de ces physiologistes a même vu, chez un petit nombre de filles nouvellement nées, des vésicules de De Graaf complétement formées. Il est facile de répéter ces observations, particulièrement sur de très jeunes veaux. Dans ces circonstances, les ovules se présentent, ainsi que nous le disions tout à l'heure, avec une vésicule et une tache germinative très développées, mais jamais indépendantes; car il existe toujours autour d'elles, comme nous l'avons dit aussi d'après les derniers travaux de Coste, une membrane vitelline parfaitement caractérisée. Quant aux globules vitellins, on en trouve plus ou moins, entre cette membrane vitelline et la vésicule du germe, suivant l'époque plus ou moins avancée des jeunes œufs qu'on soumet à l'observation.

Les recherches de Valentin (6), et celles de Barry (7), sur la *manière dont les vésicules de De Graaf se forment*, pendant le développement du tissu propre de l'ovaire, sont loin de concorder, et ne nous ont appris rien de positif sur l'histoire de leur apparition première. On sait seulement que, chez la femme et chez les femelles des mammifères, chacun des innombrables ovules occupe primitivement une capsule particulière, en contact immédiat avec eux, et les tenant, pour ainsi dire, étroitement embrassés.

Enfin le nombre des œufs qui naissent dans l'ovaire, ou qui s'y développent complétement, est bien supérieur au nombre de ceux qui devront concourir à reproduire l'espèce, et même au nombre de ceux qui seront chassés naturellement hors de leurs follicules.

D'après Coste (8), l'ovaire de la femme, destiné à n'émettre qu'une petite quantité d'œufs, n'est pourtant pas moins richement pourvu que celui des mammifères les plus féconds. Un grand nombre de ces jeunes ovules doit donc avorter de très bonne heure, périr, et être résorbé. Quant aux autres, ils doivent parcourir toutes les phases de leur évolution, et être enfin expulsés de l'ovaire, en rompant les membranes de la vésicule de De Graaf et le feuillet péritonéal qui la recouvre. Mais leur volume étant microscopique, à l'époque même de leur maturité, ils seraient tout à fait dans l'impuissance d'effectuer cette rupture et de quitter l'ovaire, si l'accumulation d'un liquide dans la cavité de la vésicule ovarique, la

(1) *Müller's Archiv.*, p. 442; 1837; et *Annales françaises et étrangères d'anatomie et de physiologie*, t. I, p. 41.

(2) *Recherches anatomiques et physiologiques sur les ovaires dans l'espèce humaine, considérés spécialement sous le rapport de leur influence dans la menstruation*, p. 2. Paris, 1840.

(3) *Ouv. cit.*, p. 367. Paris, 1843.

(4) *Ouv. cit.*, p. 44. Montpellier, 1845.

(5) *Histoire générale et particulière du développement des corps organisés*, t. I, p. 148. Paris, 1847.

(6) *Handbuch der Entwickelungsgeschichte des Menschen*, etc., p. 389. Berlin, 1835. — Et *Müller's Archiv.*, p. 529; 1838.

(7) *Philosophical Transactions*, P. II, p. 301 et suiv.; 1838.

(8) *Ouv. cit.*, t. I, p. 161. Paris, 1847.

distension de ses parois, et l'accomplissement d'un travail physiologique particulier, ne leur venaient en aide, et n'ouvraient le chemin qu'ils ont à parcourir.

Il nous faut décrire ici cet acte physiologique, examiner successivement le mécanisme, les causes de la chute de l'œuf, les époques où elle s'accomplit, et les phénomènes qui l'accompagnent ou se manifestent à son occasion.

Chute de l'œuf. — Menstruation.

Mécanisme de la chute de l'œuf. — La chute de l'œuf ne se produit pas par le même mécanisme chez tous les animaux : sous ce rapport, l'espèce humaine et les mammifères se distinguent des autres espèces animales. En ayant égard aux différences que présente ce phénomène, Coste (1) admet deux divisions : dans la première, qui comprend les oiseaux, les reptiles, les poissons et les invertébrés en général, l'œuf, remplissant toute la cavité de la loge que lui fournit l'ovaire, opère lui-même sa délivrance, et n'a besoin d'aucun secours étranger pour la préparer ni pour l'accomplir; dans la seconde, qui embrasse seulement l'espèce humaine et les mammifères, l'expulsion de l'œuf est, au contraire, toujours confiée à l'action exclusive d'un liquide particulier, sans l'intervention duquel le produit femelle de la génération ne pourrait jamais, à cause de sa petitesse, déchirer les parois de la vésicule qui le renferme.

Le premier mode de déhiscence de l'œuf est bien facile à constater chez les oiseaux. Si l'on étudie l'ovaire d'une poule, on reconnaît, dans l'espèce de grappe qu'il représente, que tous les œufs, depuis les plus jeunes jusqu'aux plus mûrs, sont étroitement embrassés par les capsules que leur fournit cet organe. En effet, chaque ovule, après s'être façonné une loge (*theca*), dans la lame membraneuse qui forme primitivement l'organe germinateur, dilate peu à peu cette loge, sans cesser de la remplir entièrement. En continuant à grandir, il la soulève et la repousse avec énergie, de telle sorte que bientôt elle ne tient plus à l'ovaire que par un pédicule grêle, destiné à soutenir les troncs des divisions vasculaires disséminées à sa surface. Lorsque l'œuf arrive à maturité, les parois de cette loge ou capsule, qui porte aussi le nom de calice, soumises à une dilatation continue et toujours croissante, s'amincissent peu à peu; l'abord du sang devenant difficile dans les vaisseaux, par l'effet de la compression, bientôt la circulation s'interrompt dans une zone circulaire opposée au pédicule; enfin le tissu de la capsule cède, il se déchire, et l'œuf, autant par son propre poids que par la rétractilité des parois du calice, tombe dans le pavillon appliqué autour de lui sur l'ovaire, et tout prêt à le recevoir (2).

Chez la femme, il ne peut pas en être ainsi; car, chez elle, la vésicule de De Graaf n'embrasse pas l'œuf étroitement, comme elle le fait chez l'oiseau. Mais ce n'est pas à dire, pour cela, que l'ovule soit libre et flottant dans l'intérieur de cette vésicule; au contraire, et c'est là une circonstance sur laquelle on doit insister, il y est retenu, à toutes les époques de son existence, dans une position fixe et presque invariable. Cette fixité est due à l'existence de la couche granuleuse et du disque proligère (fig. 10) dans lequel nous l'avons vu logé, dès la première période du développement du follicule ovarique. Tout le travail ultérieur, dont celui-ci sera le siége, n'aura d'autre résultat que d'en distendre la

(1) *Ouv. cit.*, p. 157. Paris, 1847.
(2) Voyez R. Wagner, *Icones physiologicæ*, t. II, fig. 1, 2. Leipsick, 1839.

paroi, de la faire proéminer, sans changer la position de l'œuf, et enfin de la déchirer, pour en chasser ce dernier.

Rappelons d'abord la vraie position de l'œuf : depuis de Baer (1), tous les observateurs ont figuré l'ovule, comme nous l'avons déjà décrit, toujours ou presque toujours situé au sommet de la vésicule de De Graaf, dans un point opposé à celui par lequel pénètrent les troncs vasculaires qui viennent s'irradier sur cette vésicule. Bischoff (2), Courty (3), Coste dans ses derniers travaux aussi bien que dans les premiers (4), lui assignent cette position. C'est en effet la seule dans laquelle nous l'avons nous-même observé. L'œuf se trouve ainsi vers le côté libre et le point le plus superficiel de la vésicule : à mesure que celle-ci, par l'effet de son développement, se dégage du parenchyme ovarique, il est dans la position évidemment la plus favorable pour être expulsé, quand le moment de sa maturité sera venu. Pouchet (5) admet, au contraire, que l'œuf est placé primitivement dans l'endroit le plus profond du follicule ovarique. Il dit l'avoir constaté chez la truie, et, d'après ce fait, il édifie toute une théorie sur le mode d'expulsion de l'ovule : un épanchement sanguin, sous-jacent à la couche granuleuse, soulèverait l'ovule avec cette dernière, tandis que le liquide séro-albumineux, qui remplissait d'abord la vésicule, serait concurremment résorbé ; de telle sorte que le caillot, résultant de cette hémorrhagie, augmentant peu à peu de volume, finirait par pousser l'œuf, comme une espèce de *vis à tergo*, jusqu'au point même de la vésicule qui serait près de se rompre (6). Mais ce physiologiste est seul de son avis, et nos propres recherches ne nous permettent pas de partager son opinion. Coste (7), loin d'avoir pu en vérifier l'exactitude, a trouvé que, sous le rapport de la position intra-vésiculaire de l'œuf, la truie ne diffère pas de la femme, de la brebis, de la vache, de la chienne, de la lapine, etc.

Ainsi, l'ovule est placé au point le plus superficiel de la vésicule de De Graaf et conserve invariablement la même position, tant qu'il y est contenu. Reste à exposer le véritable mode de son expulsion.

On sait que les vésicules de De Graaf sont d'abord très petites et ensevelies dans le tissu même de l'ovaire. D'après Négrier (8), elles s'arrêtent quelque temps à ce premier degré de développement, pendant qu'il s'en forme de nouvelles; puis elles gagnent le bord libre de cet organe, apparaissent à sa surface, mais ne s'isolent et ne se pédiculent jamais, comme chez l'oiseau. Dans toute la portion qui s'élève au-dessus de l'ovaire, elles deviennent minces et transparentes; tandis que leurs vaisseaux, comprimés par l'effet de la dilatation, s'atrophient, s'oblitèrent même, dans le point le plus saillant. Parvenues ainsi au terme de leur accroissement, ces vésicules semblent être stationnaires jusqu'au moment où une surexcitation provoquée, soit par la maturité de l'œuf, soit par le rapprochement des sexes, vient en déterminer la rupture. Sous l'influence de cette nou-

(1) *Epistola de ovi Mammalium et hominis genesi*, trad. franç. par Breschet. Paris, 1829.
(2) *Traité du développement de l'homme et des mammifères*, p. 8. Paris, 1843.
(3) *De l'œuf et de son développement dans l'espèce humaine*, p. 39, 49. Montpellier, 1845.
(4) *Histoire générale et particulière du développement des corps organisés*, p. 165. Paris, 1847.
(5) *Théorie positive de l'ovulation spontanée et de la fécondation*, p. 48. Paris, 1847.
(6) *Ouv. cit.*, p. 130, 137, et atlas, pl. 8.
(7) *Ouv. cit.*, p. 165.
(8) *Recherches anatomiques et physiologiques sur les ovaires dans l'espèce humaine, considérés spécialement sous le rapport de leur influence dans la menstruation*, p. 63. Paris, 1840.

velle stimulation, le liquide qui les remplit est sécrété encore plus abondamment, surtout chez la femme, et afflue dans leur cavité déjà distendue outre mesure : aussi leurs parois amincies, et arrivées, pour ainsi dire, au terme de leur résistance, ne tardent pas à céder ; elles se déchirent dans leur point culminant, et, en se rétractant, expriment sans violence le liquide qu'elles contiennent. Blumenbach (1) comparait cette rupture à celle d'un abcès qui s'ouvre spontanément, par le double effet de la pression du liquide et de la résorption des parois. Le fluide, exprimé par le retrait du follicule, rencontrant sur son passage le disque proligère et l'œuf qui y est renfermé, détache et entraîne celui-ci, pendant que de son côté le pavillon vient le saisir et le diriger vers la trompe. La rupture de la vésicule de De Graaf se fait d'ailleurs d'une manière lente et progressive : ses membranes propres se déchirent les premières, et il en résulte toujours une petite extravasation sanguine qui se manifeste à leur sommet ; le péritoine ne cède qu'en second lieu. Négrier (2) attribue la congestion générale des organes de la génération à la distension violente et souvent douloureuse dont les membranes et le parenchyme de l'ovaire sont le siége dans ces circonstances ; mais évidemment cette opinion est au moins exagérée.

Chez les mammifères qui pondent plusieurs œufs, Barry (3) et Bischoff (4) pensent que la ponte de tous les ovules a lieu simultanément, pour une même portée. Mais, d'après Pouchet (5) et Coste (6), la chute des œufs n'est jamais simultanée. Une remarque tendrait à prouver qu'elle s'accomplit d'une manière successive : en effet, on peut trouver, à la fois, des œufs dans la trompe à diverses hauteurs, d'autres retenus sur les bords des vésicules de De Graaf, et d'autres contenus encore dans leurs cavités closes.

Corps jaunes. — Après que l'œuf a abandonné l'ovaire, qu'il en a été, pour ainsi dire, exprimé, pour entrer dans la voie où doivent s'accomplir les premiers phénomènes de son développement, il laisse sur cet organe une déchirure et des lambeaux, dont la cicatrisation va donner naissance à un travail analogue à celui qui favorise la guérison d'une plaie quelconque. Cet acte physiologique est le dernier que nous ayons à étudier, pour compléter la série de ceux qu'on observe dans les vésicules de De Graaf : c'est lui qui a pour effet la formation de ces cicatrices ovariques, connues depuis longtemps sous le nom de *corps jaunes*.

Vers le milieu du XVIe siècle, Fallope (7), en décrivant les vésicules ovariques de la femme, avait observé que, tandis que les unes renferment un liquide transparent, les autres contiennent une humeur jaune. Après lui, Wolcher Coiter (8) avait signalé de nouveau l'existence de vésicules jaunes chez la vache. Peu de temps après, Stenon (9), et surtout Régnier De Graaf (10), en donnèrent les

(1) *Kleine Schriften*, p. 13.
(2) *Recherches anatomiques et physiologiques sur les ovaires*, p. 69. Paris, 1840.
(3) *Philos., Transact.*, p. 313. P. II, 1838.
(4) *Traité du développement de l'homme et des mammifères*, p. 34. Paris, 1843.
(5) *Théorie positive de l'ovulation spontanée et de la fécondation*, p. 139. Paris, 1847.
(6) *Histoire générale et particulière du développement des corps organisés*, t. I, p. 172. Paris, 1847.
(7) *Observationes anatomicæ*, dans *opera omnia*, p. 421. Francfort, 1600.
(8) *Tabulæ et observationes anatomicæ*, p. 124. Nuremberg, 1572.
(9) *Observationes de ovis viviparium animalium*, dans la *Bibliothèque anatomique de Manget*, t. I, p. 637.
(10) *Histoire anatomique des parties génitales de l'homme et de la femme*, p. 101, 139. Bâle, 1679. Trad. franç.

premières descriptions. Celle de ce dernier anatomiste mérite d'être rappelée. « Il se trouve, dit-il, seulement quelquefois, dans les testicules des femelles, certains petits globes, composés, comme les glandes conglomérées, de plusieurs particules, qui vont du centre à la circonférence presque en ligne droite. Ils ne s'y rencontrent qu'après le coït, un ou plusieurs en nombre, suivant que la femelle doit faire un ou plusieurs petits. Ils sont jaunes dans les vaches, rouges dans les brebis, et cendrés dans les autres animaux ; quelques jours après le coït, ils sont formés d'une substance très mince, et ont, dans leur milieu, une liqueur fort claire renfermée dans une membrane ; celle-ci, sortant avec sa liqueur, laisse une cavité qui s'abolit insensiblement, de sorte qu'aux derniers mois de la grossesse, ces globes sont solides, et, après l'enfantement, disparaissent peu à peu. »

Régnier De Graaf avait encore vu que les corps jaunes sont le résultat de la cicatrisation des vésicules rompues : il exprime son opinion sur ce point, quoique d'une manière un peu vague, dans plusieurs autres endroits de son ouvrage.

Parmi les anciens, Malpighi (1) est l'anatomiste qui a le mieux connu le corps jaune ; c'est lui aussi qui, le premier, lui a donné le nom de *corpus luteum*, sous lequel on le désigne aujourd'hui. Quant à la nature et aux usages de ce corps, Malpighi émit une opinion complétement différente de celle de De Graaf, et qui lui est, pour ainsi dire, opposée : il supposa que le *corpus luteum*, fonctionnant presque à la manière d'une glande, sécrète les matériaux du germe, qu'il a pour destination de conserver l'ovule, de le protéger et de présider enfin à son expulsion hors de l'ovaire.

Ainsi, d'après De Graaf, le corps jaune ne se manifeste jamais qu'à la suite d'un coït fécondant ; d'après Malpighi, il précède l'accouplement et existe même chez le fœtus. La plupart des physiologistes qui ont écrit, après eux, sur le même sujet, se sont rangés à l'une ou à l'autre de ces deux opinions. G. Bartholin (2), C. Peyer (3), Verheyen (4), Kuhlemann (5), Haller (6), Haighton (7), Cruikshank (8), Prévost et Dumas (9), E. de Baer (10), Rivelli (11), partagèrent les idées de R. De Graaf ; tandis que Fantoni (12), Santorini (13), Vallisnieri (14), Morgagni (15), Bertrandi (16), Buffon (17), Brugnone (18), Home (19), soutinrent l'hypothèse de Malpighi. Aujourd'hui, des expériences nombreuses et

(1) *Epistola ad Jacobum Spon de uterorum formâ*, dans *opera omnia, figuris elegantissimis in æs incisis illustrata*, t. I, append., p. 30. Londres, 1686.

(2) *De ovariis mulierum et generationis historiâ epistola anatomica*, p. 47. Rome, 1677.

(3) *Merycologia*, liv. I, ch. V. Basil, 1685.

(4) *Corporis humani anatomiæ libri duo*, t. II, p. 583. Leipsick, 1731.

(5) *Observationes quædam circa negotium generationis in ovibus factæ*, p. 41. Leipsick, 1754.

(6) *Elementa physiologiæ corporis humani*. t. VIII, p. 32. Lausanne, 1766.

(7) *Ueber die Befruchtung der Thiere*, *Archiv. de Reil*, t. III, p. 36.

(8) *Philos. Transact.*, P. I, p. 197, 1797.

(9) *Ann. des sc. nat.*, t. III, p. 114. 1re série, 1824.

(10) *De ovi mammalium et hominis genesi epistola*, p. 20. Leipsick, 1827.

(11) *Osservazzioni sopra allo svolgimento de corpi organici le quali appoggiano direttamente la dottrina palingenica*. Fano, 1839.

(12) *Dissertationes anatomicæ*, p. 195. Turin, 1708.

(13) *Observationes anatomicæ*, p. 223. Venise, 1724.

(14) *Istoria della generazione dell' uomo e degli animali*, t. II, ch. 3, 10. Venise, 1721.

(15) *Adversaria anatomica omnia*, p. 53. Leyde, 1741.

(16) *De glanduloso ovarii corpore, de utero gravido et placentâ observationes*, in *Miscell. Taurinensis Soc.*, t. I, p. 104. 1759.

(17) *Histoire naturelle, générale et particulière*, t. II, p. 203. Paris, 1749 et suiv.

(18) *De ovariis eorumque corpore luteo observationes anatomicæ*, dans les *Mém. de l'Acad. roy. des sc. de Turin*, p. 393. 1790.

(19) *On corpora lutea*, dans les *Philos. Transact.* 1819.

décisives ne laissent plus le moindre doute sur l'origine des corps jaunes. Les corps jaunes ne sont pas le résultat de la conception ; ils se forment chaque fois que des œufs, arrivés à maturité, se détachent de l'ovaire, ce qui a lieu, comme nous le dirons bientôt, à des époques déterminées, sous l'influence de causes spéciales, et le plus souvent indépendamment du sperme et de la conception.

Mais voyons d'abord quels éléments entrent dans leur composition, et de quelle manière ces cicatrices volumineuses s'organisent sur les ovaires.

Ch. E. de Baer (1), reproduisant avec plus de précision l'opinion déjà émise par R. De Graaf (2), considéra le corps jaune comme un simple développement de la couche interne de la vésicule ovarique. Depuis lors, on a poussé plus loin la détermination des éléments anatomiques qui contribuent à sa formation. Pour comprendre les divergences des auteurs sur ce sujet, pour saisir le véritable mode du développement des corps jaunes, il faut se rappeler que la vésicule de De Graaf est formée de deux feuillets, l'un interne, l'autre externe, et d'une couche granuleuse tapissant le feuillet interne dans toute son étendue.

Or, Négrier (3), W. Jones (4), Montgomery (5), Paterson (6), Robert Lee (7) et Barry (8), admettent qu'une matière jaune se dépose entre ces deux feuillets ; plusieurs d'entre eux pensent que ce dépôt s'opère avant même que la vésicule se déchire. D'après Montgomery, celui-ci contribuerait à la rupture de la vésicule de De Graaf, en même temps qu'il servirait à refouler l'ovule et à faciliter son expulsion. Plus récemment, Pouchet (9) a émis une opinion analogue : dans cet acte physiologique, il fait jouer le rôle principal au caillot volumineux qui détermine, d'après sa théorie, l'expulsion de l'ovule ; seulement, pour lui, le caillot est tout à fait interne, au lieu d'être intermédiaire aux deux membranes de la vésicule, et la cavité de cette dernière n'est comblée, par les plis de sa membrane propre, que d'une manière secondaire.

Au contraire, d'après Wagner (10), Bischoff (11) et Courty (12), la formation du corps jaune est due, en majeure partie, à un accroissement et à un épaississement du feuillet interne de la vésicule de De Graaf. Voici comment la nature procède à cette organisation :

Quand l'ovule s'est échappé, entraînant avec lui la portion de la couche granuleuse dans laquelle il est logé, le feuillet interne de la vésicule de De Graaf, muqueux, épais, non rétractile, en contact avec la portion restante de cette couche granuleuse, devient le siége d'une inflammation assez intense, laquelle se traduit par une sorte d'hypertrophie ou de tuméfaction, et par la dilatation des vaisseaux qui se distribuent dans son épaisseur. Le feuillet externe, au contraire, fibreux,

(1) *Ouv. cit.*, p. 20.
(2) *Ouv. cit.*, p. 139.
(3) *Recherches anatomiques et physiologiques sur les ovaires dans l'espèce humaine*, p. 81 Paris, 1840.
(4) *Practical observations on diseases of women*, p. 226. Londres, 1839.
(5) *Exposition of the signs and symptoms of pregnancy, etc.*, p. 26. London, 1837.
(6) *Edinb. medic. and surgic. Journ.*, p. 390; 1840.
(7) *London medic.-chirurg. Transact.*, t. XXII, p. 329 ; 1839.
(8) *Philosoph. Transact.*, P. 2, p. 317 ; 1838.
(9) *Ouv. cit.*
(10) *Traité de physiologie. Histoire de la génération et du développement*, traduit par Habets, p. 128. Bruxelles, 1841.
(11) *Traité du développement de l'homme et des mammifères*, p. 37. Paris, 1843.
(12) *De l'œuf et de son développement dans l'espèce humaine*, p. 56. Montpellier, 1845.

élastique, en rapport avec le stroma de l'ovaire, ne participe pas à cette inflammation, et commence à se rétracter. La rétraction de ce second feuillet, coïncidant avec la tuméfaction du premier, qui est lié avec lui, dans certains points, par des brides fibreuses, détermine dans le feuillet interne la formation de plis, qui, croissant de plus en plus, arrivent bientôt au contact, et donnent à l'intérieur de la vésicule ovarique l'aspect des circonvolutions cérébrales (1). Cet aspect est d'autant plus prononcé, que le feuillet interne est boursouflé davantage, et que le feuillet externe se rétracte plus fortement. Or, le corps jaune résulte précisément de cette hypertrophie du feuillet interne et de la rétraction du feuillet externe. Raciborski (2) se trompe lorsqu'il attribue sa formation, d'une manière exclusive, au simple retrait des tuniques du follicule.

Le travail inflammatoire, dont il est question, commence à se manifester dans les vésicules de De Graaf, peu après la sortie de l'œuf : il devient très intense, surtout chez la femme ; et, dans les cas où l'expulsion de l'œuf est suivie de grossesse, il détermine sur l'ovaire la formation d'une tumeur considérable, dont la durée est de plusieurs mois. Ainsi, au dixième jour de la fécondation, le corps jaune occupe, comme le dit Haller (3), une grande partie de l'ovaire, la moitié, et même au-delà. La figure 14, dessinée d'après nature, représente un ovaire de femme, portant un corps jaune volumineux, dans cette première période de la grossesse, c'est-à-dire à peu près à l'époque où l'œuf arrive dans l'utérus. Nous avons même vu quelques corps jaunes si développés, que la portion restante de l'ovaire n'égalait pas le dixième de leur volume.

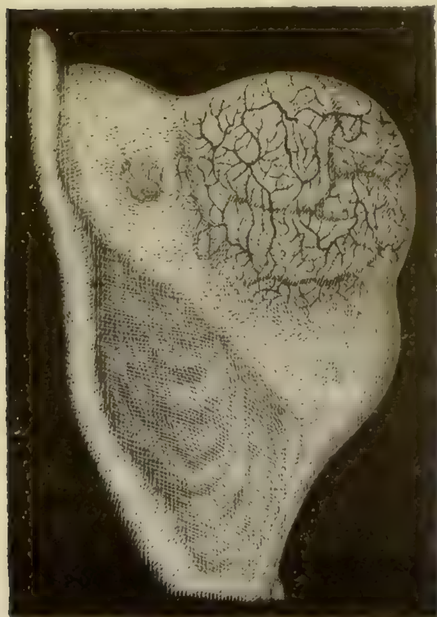


Fig. 14. *Vue extérieure du corps jaune chez la femme.*

La couche de granules, qui tapisse le feuillet interne, est soulevée par les circonvolutions de ce dernier (4) ; mais elle joue un rôle passif, et ne participe point à son inflammation. D'ailleurs, la tuméfaction de ce feuillet augmente jusqu'à ce que la vésicule de De Graaf soit obstruée ; les circonvolutions se touchent d'abord entre elles, sans contracter d'adhérence les unes avec les autres, de sorte qu'en coupant le corps jaune on peut les déplisser. Non seulement elles remplissent la cavité du follicule, mais elles continuent souvent à se développer, au point de se projeter par la déchirure qui a précédemment donné passage à l'œuf, et d'y former une sorte de hernie ou de mamelon rouge, inégal, ressemblant à une génération luxuriante de bourgeons charnus.

Parvenues au degré le plus élevé d'inflammation adhésive, les circonvolutions du feuillet interne commencent à offrir entre elles une sorte de soudure, qui doit amener la cicatrisation définitive du follicule. A dater de cette époque, leur volume diminue, leur coloration change et passe successivement du rouge vif à

(1) Voyez pl. 2, fig. 1, *h*.
(2) *De la puberté et de l'âge critique chez la femme*, p. 432. Paris, 1844.
(3) *Elementa physiologiæ corporis humani*, t. VIII, p. 36. Berne, 1768.
(4) Voy. pl. 2, fig. 1, *g*.

un rouge sombre, au gris, enfin au jaune plus ou moins marqué, ce qui leur a valu le nom de *corpus luteum*. Elles conservent d'abord ce volume et cette dernière coloration; puis, la résorption les réduit à un petit noyau fibreux qui ressemble à une ancienne cicatrice, et qui, plus tard, perd sa coloration jaune ou grisâtre. Alors, l'ouverture du corps jaune s'est complétement fermée; la surface de l'ovaire, à l'endroit où était située la déchirure, devient de plus en plus lisse; le corps jaune lui-même rentre peu à peu dans le stroma, durcit et enfin disparaît presque entièrement.

La tuméfaction et le plissement du feuillet interne de la vésicule de De Graaf, sont, sans contredit, les deux principaux éléments de la formation du corps jaune; mais ils ne sont pas les seuls. Il faut y ajouter, pour les corps jaunes de la femme, et pour ceux en particulier qui coexistent avec la gestation, l'épanchement d'un liquide gélatino-albumineux : ce liquide s'organise dans la cavité du follicule, donne naissance, en se solidifiant, à des circonvolutions qui sont reçues dans les anfractuosités laissées entre les plis du feuillet interne, et forme une espèce de noyau au centre de la vésicule enflammée.

Bischoff (1) dit que la membrane granuleuse participe à ce travail organisateur, que ses cellules s'allongent, s'agrandissent, se multiplient. Le même observateur (2) avance que la formation du corps jaune, du moins chez la chienne, commence dans la vésicule de De Graaf, sous forme d'excroissances analogues aux granules qui tapissent l'intérieur de cette vésicule, avant qu'elle s'ouvre pour laisser échapper l'œuf; en sorte, ajoute-t-il, qu'on peut envisager la formation commençante du corps jaune comme un dernier signe de la parfaite maturité de l'œuf.

Pouchet (3) nie cette modification de la couche granuleuse : il attribue, avec raison, le développement du corps jaune à une augmentation de volume des cellules du feuillet interne, et à la formation de nouvelles cellules dans l'épaisseur même de ce feuillet.

Un autre élément du corps jaune est le sang extravasé pendant la rupture de la vésicule. Nous avons vu Pouchet faire jouer un grand rôle à cette hémorrhagie, et supposer l'existence d'un caillot qui, ayant chassé l'ovule, remplirait ensuite nécessairement le follicule de De Graaf. Ceci n'arrive jamais; seulement l'extravasation sanguine réelle est plus ou moins considérable. Peut-être faut-il attribuer à cette petite quantité de sang épanché le passage du corps jaune par les diverses colorations dont nous avons parlé, colorations qu'on peut comparer à celles d'une ecchymose pendant les différentes périodes de sa résorption.

Cette hémorrhagie, résultant de la déchirure des membranes de la vésicule et de celle du péritoine, ne peut, dans aucun cas, être grave. Mais il n'en est pas ainsi de la déchirure elle-même : quoique, dans la plupart des cas, l'inflammation qui l'accompagne se borne, il est vrai, au lieu même de la rupture, on conçoit néanmoins qu'elle puisse se propager aux environs, et même, dans des circonstances défavorables, causer une véritable péritonite.

Il n'y a plus lieu de maintenir aujourd'hui la distinction des corps jaunes

(1) *Ouv. cit.*, p. 38. Paris, 1843.
(2) *Ann. des sc. nat.*, 3e série, t. I. p. 109 : 1844.
(3) *Ouv. cit.*, p. 144.

en vrais et en faux. Huschke (1), qui conserve ces dénominations, appelle *vrais* les corps jaunes qui succèdent à une fécondation, et *faux* ceux qui, ne se liant pas à cet acte, dépendent du rut ou de la menstruation, ou, ajoute-t-il, de l'excitation de l'appétit vénérien. Nous avons déjà dit, et nous redirons bientôt, que tous les corps jaunes dépendent d'une seule et même cause : la maturation des vésicules, qui ordinairement s'accompagne de leur rupture. Cette rupture peut d'ailleurs être ou n'être pas spontanée.

Toutefois, on doit reconnaître *deux espèces de corps jaunes :* les corps jaunes qui résultent de la cicatrisation d'un follicule, après l'expulsion spontanée d'un œuf, sans conception consécutive ; et ceux qui sont la conséquence du même travail, après l'expulsion d'un œuf, suivie de conception et surtout de gestation. Les premiers parcourent rapidement toutes leurs périodes, n'atteignent jamais un haut degré de développement, n'ont qu'un volume bien inférieur à celui des seconds, prennent vite la couleur jaune, se flétrissent en peu de jours, et, avant un ou deux mois, se trouvent rétractés et complétement dissimulés dans le tissu de l'ovaire. Les seconds, participant à la congestion et à l'activité du travail physiologique dont tous les organes sexuels, la matrice surtout, deviennent le siége pendant la gestation, acquièrent un volume qui dépasse quelquefois de beaucoup celui de l'ovaire lui-même, et passent avec tant de lenteur par tous les degrés de leur formation et de leur décroissement, qu'ils sont encore sensibles à la fin de la grossesse : peu à peu ils diminuent de volume, à mesure que le fœtus grandit et que le terme de la gestation approche.

Faut-il aussi reconnaître d'autres corps jaunes, provenant de vésicules de De Graaf non rompues, mais flétries et rétractées par la résorption des œufs? Courty (2) admet qu'il en existe chez les femmes et chez les femelles de mammifères. Il est certain qu'on en voit des exemples chez les oiseaux.

Quoi qu'il en soit, on peut dire qu'en général un corps jaune témoigne de la sortie d'un œuf hors de l'ovaire. R. De Graaf, qui avait bien saisi cette relation, l'avait déduite de ses expériences avec tant d'habileté et de logique, que son mémoire restera toujours une des œuvres les plus remarquables qui aient été écrites sur la conception. Mais nos connaissances sur ce point se sont fort étendues. R. De Graaf n'apercevait de relations qu'entre le corps jaune et la conception. Nous en saisissons aujourd'hui de nouvelles entre la formation de ces corps et d'autres phénomènes : non seulement le développement des corps jaunes est pour nous la preuve de l'expulsion d'un ovule, mais ce fait coïncide toujours avec d'autres qui se rattachent à lui comme causes ou comme effets. De là, une question complexe qui se présente maintenant à notre examen, et à laquelle nous allons essayer de répondre, en recherchant les causes de la chute des œufs et de la formation des corps jaunes, en déterminant l'époque à laquelle l'une et l'autre s'effectuent, en décrivant enfin les phénomènes qui les accompagnent ou qui en résultent.

Causes de la chute de l'œuf. — Nous avons déjà vu que, chez un grand nombre d'êtres, surtout parmi les animaux inférieurs, la fécondation est extérieure : l'œuf et le sperme sont expulsés hors du corps de l'animal, chacun de son côté, et, de la rencontre de ces deux éléments dans le milieu ambiant, résulte une com-

(1) *Traité de splanchnologie*, p. 425. Paris, 1845.
(2) *De l'œuf et de son développement dans l'espèce humaine*, p. 58. Montpellier, 1845.

binaison organique qui a la faculté de reproduire, en se développant, un nouvel être semblable au premier (1).

Sans aucun doute, chez tous ces animaux, les œufs, après s'être développés spontanément, ont acquis d'eux-mêmes le volume et l'organisation nécessaires pour pouvoir coopérer à la reproduction, ont atteint le degré de maturité propre à cette destination, se sont enfin séparés de l'organe formateur par leurs seules forces, et indépendamment de toute influence de la part du sperme ou de l'être qui produit cet autre élément générateur.

Si l'on isole des femelles d'insectes, après avoir suivi leurs métamorphoses, et si l'on a soin d'en éloigner les mâles, la ponte des œufs ne s'en effectue pas moins, et pourtant il y a certitude qu'elle n'a pu être provoquée par aucun accouplement préalable.

L'expérience la plus ancienne avait encore appris que, chez la plupart des poissons osseux, les œufs sont formés, mûris, expulsés, indépendamment du mâle; que ce dernier les arrose de sperme, seulement lorsqu'ils sont hors du ventre de la femelle, et, le plus souvent, après que celle-ci en est déjà très éloignée. On savait aussi depuis longtemps que, chez les batraciens anoures, le mâle, bien qu'il soit cramponné à la femelle, ne féconde les œufs qu'au moment de leur expulsion. Enfin, on voyait tous les jours les femelles des oiseaux, notamment les poules, pondre des œufs régulièrement, alors même qu'elles sont privées de leurs mâles.

La spontanéité de la formation, de l'accroissement, de la maturation et de la chute des œufs, n'était donc l'objet d'aucun doute, même à l'égard d'animaux très élevés en organisation, si ce n'est pour l'homme et les mammifères. Quant à ces derniers, on en avait fait le sujet d'une exception à un principe, dont toutes les circonstances tendaient à démontrer la généralité, et l'on supposait que, chez eux, la formation de l'œuf datait seulement du moment où la liqueur séminale se réunissait à un élément femelle, indéterminé, contenu dans les ovaires.

Lorsque E. De Baer (2), justifiant toutes les prévisions de son digne précurseur R. De Graaf, eut démontré que, non seulement la femme et les femelles des mammifères ont des œufs, mais que ces œufs préexistent dans leurs ovaires à l'acte de la conception, il renversa à moitié cette hypothèse d'un mode de génération particulier aux mammifères et constituant une exception inexplicable dans les lois générales de la reproduction. Dès lors, on ne douta plus qu'ici, comme partout ailleurs, les œufs ne préexistassent à la fécondation, et que ces œufs ne dussent arriver, dans les ovaires mêmes où ils se sont formés, jusqu'à leur complète maturation.

Mais on crut encore que l'influence du sperme était nécessaire pour déterminer, sinon la maturité des œufs, au moins leur chute : la question resta ainsi à demi résolue, jusqu'à ce que des travaux récents eussent enfin donné la solution complète de ce difficile problème et permis d'assimiler, dans ses faits les plus généraux, la reproduction de l'homme et des mammifères à celle de tous les animaux dont le mode de génération est l'oviparité. Du reste, il faut l'avouer, sous ce rapport, les naturalistes, saisissant mieux la généralité des phénomènes, étaient plus avancés que les médecins. S'ils partageaient les doutes de ces derniers

(1) Voir plus haut, p. 55.
(2) *De ovi mammalium et hominis*, etc.

sur le mode de génération des mammifères, sur la cause qui fait tomber les œufs de l'ovaire, ainsi que sur les conditions et les suites de cette chute, ils étaient du moins plus disposés à recevoir les nouvelles notions que l'expérience allait fournir, et à adopter les théories qui devaient en être la conséquence.

Dès 1837, Coste (1) exprima nettement l'idée qu'à l'époque du rut les œufs tombent *spontanément* de l'ovaire, chez les mammifères; que, par suite, la conception est possible chez eux, non seulement dans cet organe, mais dans tous les points du canal vecteur, selon que l'accouplement s'est opéré à une époque plus ou moins rapprochée de l'expulsion des ovules. Peu de temps après, Négrier (2), publiant les résultats de ses nombreuses observations sur les ovaires de la femme, les interpréta dans un sens favorable à cette opinion. Il avait, en effet, depuis plusieurs années, constaté la présence de corps jaunes sur les ovaires de filles encore vierges, remarqué la coïncidence de la rupture des follicules ovariques et de la formation des corps jaunes avec l'époque cataméniale, et conçu l'idée de la chute spontanée de l'œuf à chaque menstruation. Les travaux de Pouchet (3), contribuèrent bientôt à mettre le même fait dans tout son jour, et à le faire prévaloir dans la science. Quoique ce dernier physiologiste ait exagéré l'universalité et la spontanéité de ce phénomène, il a eu le mérite de le confirmer surtout par l'analogie et le raisonnement, de le populariser à une époque où les idées anciennes étaient encore universellement adoptées. Duvernoy (4) et Argenti (5) furent des premiers à suivre cette voie nouvelle. Enfin les observations de Raciborski (6), de Bischoff (7), de Courty (8), sur la femme et sur les femelles des mammifères, et les dernières recherches de Coste (9), en étayant de nouvelles preuves la loi de la chute spontanée de l'œuf, lui ont de plus assigné ses véritables limites.

Voici tout ce que les expériences ont appris sur ce sujet.

Bischoff (10), après avoir cru d'abord que la chute des œufs était sous la dépendance de la fécondation, entreprit des expériences qui l'amenèrent à une conclusion tout opposée, et confirmèrent la loi formulée par les anatomistes français. Sur plusieurs femelles de mammifères (chiennes, lapines, truies), il lia et extirpa la matrice, d'un seul côté ou des deux côtés, en conservant intacts les ovaires et les trompes; puis il laissa à ces animaux la liberté de s'accoupler. Le rut ne manqua pas, en effet, de se manifester chez eux; l'accouplement eut lieu; les œufs, arrivés à maturité, abandonnèrent l'ovaire et des corps jaunes se formèrent à la place des follicules qui les contenaient. Il devenait ainsi évident que le contact matériel du sperme n'était pas la cause de l'expulsion des œufs. Mais toute la question n'était pas résolue. Les expériences précédentes ne suf-

(1) *Embryogénie comparée*, p. 455. Paris, 1837.

(2) *Recherches anatomiques et physiologiques sur les ovaires dans l'espèce humaine*. Paris, 1840.

(3) *Théorie positive de la fécondation des mammifères*. Paris, mars 1842.

(4) Congrès scientifique de Strasbourg. Procès-verbal de la séance du 8 octobre, 1842. *Revue zoologique*, novembre, 1842.

(5) *Ann. univ. di medicina*, février et mars 1843.

(6) Mém. communiq. à *l'Acad. de méd.* le 13 déc. 1842, à *l'Acad. des sc.* le 17 et le 24 juillet 1843. Voy. *Gaz. méd.*, an. 1843, p. 18, 468, 483, et l'ouv. de Raciborski, intitulé : *De la puberté et de l'âge critique chez la femme*. Paris, 1844.

(7) *Ann. des sc. nat.*, 1844, t. II, p. 240. — Consulter la lettre lue à l'*Acad. des sc.* le 17 juillet 1843, et insérée dans *Gaz. méd.*, n° du 29 juillet, même année.

(8) *Ouv. cit.*, p. 59 et suiv.

(9) *Histoire générale et particulière du développement des corps organisés*. Paris, 1847.

(10) *Ann. des sc. nat.*, 3e série, t. II, p. 104; 1844.

fisaient pas pour prouver la spontanéité de la chute de l'œuf : tout en échappant à l'influence directe du sperme, cette chute pouvait bien dépendre d'autres causes, notamment de l'excitation provoquée par le mâle, d'une sorte d'impulsion causée par le rapprochement des sexes, etc. Cela est si vrai, que les physiologistes qui avaient entrepris, antérieurement, de semblables expériences, n'en avaient pas autrement interprété les résultats. De ce nombre sont Nuck (1), Grassmeyer (2), Cruikshank (3), Haighton (4), Blundell (5), Haussmann (6). Il est impossible, en effet, d'arguer d'un cas où le mâle intervient, pour démontrer que son influence est nulle.

A ses premières observations, Bischoff (7) en ajouta donc quelques unes faites en décembre 1843, en janvier et mars 1844, sur une chienne et sur des truies dont il examina les ovaires à la fin du rut, sans avoir permis l'accouplement, ni parfois même l'approche du mâle. Dans tous ces cas, il trouva, soit des vésicules de De Graaf sur le point de se rompre, soit des corps jaunes sur l'un et l'autre ovaire, et des œufs dans les trompes. Dès lors, s'appuyant sur des observations aussi directes, il put conclure, avec une entière certitude, que, pendant le rut, les œufs se détachent de l'ovaire, sans accouplement préalable, puis descendent dans l'oviducte et même dans l'utérus, où ils finissent par se détruire; que, par conséquent, les corps jaunes se forment sur les ovaires, comme dans les cas d'accouplement et de fécondation.

Cette conviction que les œufs tombent spontanément chez les femelles des mammifères, devait faire penser qu'ils se détachent aussi d'eux-mêmes chez la femme : tous les autres actes génésiques ont entre eux une telle analogie, chez celle-ci et chez celles-là, qu'il ne pouvait guère en être autrement pour ce dernier phénomène. On se souvint alors de plusieurs faits passés presque inaperçus : Buffon avait vu le corps jaune sur une vierge (8); Brugnone (9), en disséquant le cadavre d'une fille de quatorze ans, que la présence de l'hymen autorisait à regarder aussi comme vierge, avait découvert un corps jaunâtre, de la grosseur d'un pois chiche, saillant à la surface de l'un des ovaires. Puis, de nouvelles observations furent faites. Négrier (10) put conclure des siennes, commencées en 1831, que les vésicules de De Graaf naissent d'elles-mêmes, et parcourent toutes les phases de leur accroissement, sous l'influence d'une cause inhérente aux ovaires, indépendante du coït. Raciborski (11) vit des vésicules de De Graaf bien développées et des corps jaunes, sur les ovaires de deux filles, l'une de vingt-six ans, l'autre de dix-neuf, dont la membrane hymen était parfaitement intacte. Coste (12) observa des corps jaunes sur les ovaires de filles vierges, aussi bien que sur ceux de femmes ayant eu déjà des rapports sexuels.

Il est donc prouvé aujourd'hui que, chez la femme et les femelles des mammi-

(1) *Adenographia curiosa*, p. 69, *in op. omn.* Leyde, 1773.
(2) *De fecundatione et conceptione humanâ*, p. 48. Dissert. Gœttingue, 1789.
(3) *Philos. Transact.*, 1797.
(4) *Reils' Archiv.*, t. III, p. 46.
(5) *Medic. chir. Transact.*, V. 10, p. 264; 1819.
(6) *Ueber die Zeugung des wahren weiblichen Eies*, p. 93.
(7) *Mém. cit.*, p. 128 et suiv.
(8) *Hist. nat.*, t. II, p. 208, t. V, p. 148.
(9) *Mém. de l'Acad. des sc. de Turin*, 1790.
(10) *Ouv. cit.*, p. 62.
(11) *De la puberté et de l'âge critique*, p. 421, 425. Paris, 1844. — *Mém. cit.* 1842 et 1843.
(12) *Histoire générale et particulière du développement des corps organisés*, t. I, p. 220. Paris, 1847.

fères, *les vésicules de De Graaf peuvent se rompre spontanément*, comme se rompent les capsules ovariennes de tous les animaux, sans que la fécondation ou l'accouplement soit nécessaire à l'accomplissement de ce phénomène; que les œufs, arrivés à maturité, peuvent s'échapper naturellement de l'ovaire, passer dans l'oviducte, descendre dans la matrice, et enfin être expulsés au dehors, si toutefois ils parviennent, sans être décomposés, jusqu'à l'orifice génital externe.

Mais, de ce que l'intervention du mâle n'est pas nécessaire pour déterminer la rupture des follicules et la chute de l'œuf, faut-il en conclure qu'elle est complétement nulle à l'égard de ces deux actes physiologiques, surtout quand elle s'exerce en temps opportun? Non, sans doute; et il ne faut pas se dissimuler que les physiologistes qui ont fourni le plus de preuves en faveur de l'expulsion spontanée de l'œuf ont avancé aussi d'une manière trop absolue que cette expulsion était indépendante de toute action extérieure aux ovaires, et surtout de l'accouplement. Coste (1) a fait récemment des expériences variées, dans le but de constater l'influence exercée par le mâle sur la maturation et la chute des œufs : les résultats qu'il a obtenus, tout en conservant à la loi posée par Pouchet son caractère de généralité, modifient néanmoins l'expression même de cette loi et lui ôtent son cachet d'universalité absolue.

Ces recherches démontrent d'abord que la présence constante du mâle hâte le retour du rut.

En second lieu, si l'on attend que le rut se manifeste spontanément chez des femelles séparées du mâle, et si, quand cet état s'est manifesté, l'on varie les expériences, on constate les faits suivants. En laissant s'accoupler une lapine, au moment même où elle entre en chaleur, et la tuant dix ou quinze heures après le coït, on trouve les œufs hors des ovaires; mais, en empêchant l'accouplement et tuant l'animal quarante-cinq heures après l'invasion du rut, on trouve les mêmes œufs renfermés encore dans leurs capsules intactes, et l'état de ces capsules indique que leur séjour s'y serait prolongé davantage. Bien plus, une lapine en rut est présentée au mâle trois jours de suite, et manifeste chaque fois un vif désir de s'accoupler, mais on empêche le coït; le quatrième jour, elle cesse d'être en chaleur, et le cinquième elle est ouverte : les ovaires, qui ne présentent aucune trace de déchirure, portent l'un une vésicule de De Graaf, l'autre sept de ces vésicules, turgescentes, mais intactes.

Ainsi, d'un côté, la présence du mâle et ses assauts hâtent la maturation des œufs. D'un autre côté, l'accouplement, sans être la cause essentielle de la chute des œufs, a du moins le pouvoir de précipiter la réalisation de ce phénomène, et souvent même d'empêcher qu'il n'avorte : entre une femelle qui a subi l'approche du mâle, et une femelle dont on a empêché le coït, il y a cette différence, que, dans l'une, la rupture des vésicules ovariques est prompte, et que, dans l'autre, elle est tardive ou même ne s'effectue pas du tout. D'ailleurs, on comprend, ainsi que Coste le fait observer, comment l'influence du mâle, inutile chez les autres animaux dont l'œuf rompt sa capsule par l'effort que lui-même exerce sur cette enveloppe membraneuse, peut au contraire devenir, chez les mammifères, la cause accélératrice et souvent déterminante de cette déchirure. La rupture du follicule de De Graaf résultant, chez ces derniers, d'un mouvement fluxionnaire qui accumule du li-

(1) *Ouv. cit.*, t. I, p. 183.

quide dans ce follicule pour le distendre outre mesure et le faire éclater, il est évident que le coït et le sperme, faisant office de stimulus, peuvent augmenter cette congestion, la ranimer quand elle se ralentit ou rétrograde, et, par conséquent, devenir cause efficiente de la déchirure.

Quand, le mâle n'étant pas intervenu, la chute des œufs ne se réalise pas, il peut arriver, ou bien que les vésicules de De Graaf restent stationnaires, conservent leurs œufs emprisonnés, les tiennent en réserve, pour les mettre en liberté à la prochaine époque du rut, ou bien qu'elles deviennent le siége d'un travail de résorption qui bientôt les efface. C'est ce qui a lieu, toutes les fois que l'activité dont elles sont douées est insuffisante pour déterminer leur rupture. Si l'influence du mâle, toujours efficace, ne vient pas leur imprimer une stimulation nouvelle, le phénomène peut ne pas atteindre le but vers lequel il tendait.

Cette restriction n'attaque, d'ailleurs, en aucune manière le principe de la chute spontanée des œufs. Seulement il convient, pour conserver à ce principe sa généralité, de l'exprimer ainsi : chez la femme et chez les femelles des mammifères, les œufs, arrivés au terme de leur maturation, *peuvent*, comme chez tous les animaux, se détacher d'eux-mêmes, quitter spontanément l'ovaire et parcourir le canal vecteur. Ajoutons que cette chute spontanée est même le cas le plus fréquent, et qu'elle se fait à des intervalles de temps variables dans les diverses espèces, ordinairement fixes pour chacune d'elles. Il en résulte, chez les femelles des mammifères, des alternances de phénomènes secondaires répondant aux diverses périodes de développement, de maturation et de rupture des vésicules. Le moment auquel ces phénomènes se reproduisent est aussi marqué par le plus haut degré du travail ovarique, et par l'expulsion de l'ovule, qui est le but final de ce travail.

Déterminer quelles sont, chez les femelles des mammifères, et surtout chez la femme, les époques auxquelles se manifestent ces états particuliers, et s'accomplissent en même temps la rupture des follicules et la chute de l'œuf, tel est le nouveau problème qu'il nous faut examiner.

Époques de la chute de l'œuf. — Rut, Menstruation. — Nous venons d'indiquer déjà les éléments qui doivent nous servir à résoudre ce problème, en disant qu'on trouve les vésicules de De Graaf très développées, chez les mammifères, aux époques du rut. Ces vésicules, bien qu'elles existent déjà dans le fœtus, sont, pour ainsi dire, stationnaires jusqu'à la puberté, et leur accroissement commence seulement lorsque les caractères du sexe, la faculté de se reproduire et l'instinct générateur apparaissent chez les femelles. Mais aussi, le développement des follicules ovariques retentit, alors, dans le reste de l'appareil génital et dans l'économie tout entière. Les oviductes, la matrice et les organes copulateurs se tuméfient, s'injectent, sécrètent certains liquides et subissent dans leur structure des changements qui les approprient au rôle qu'ils devront bientôt remplir, soit relativement au sperme, soit par rapport à l'œuf et au produit de la conception. L'instinct de la reproduction s'éveille et devient si impérieux, que les femelles, qui jusqu'alors évitaient les mâles, en recherchent au contraire les approches et cèdent avec empressement à leurs poursuites. Cet état ne persiste pas longtemps, surtout si l'accouplement vient en limiter la durée ; car il cède presque toujours au coït. Lorsqu'il n'existe plus, la femelle perd son ardeur, fuit le mâle, ou lui

résiste obstinément, jusqu'à ce qu'après un temps plus ou moins long, les mêmes symptômes se manifestent de nouveau, pour revenir désormais après des intervalles de temps égaux, dans chaque espèce, et à des époques dont la périodicité régulière coïncide souvent avec celle des saisons. Pour désigner l'ensemble des phénomènes que présentent alors les femelles, on dit qu'elles sont *en rut* ou *en chaleur*.

Ainsi, à des époques périodiques, les œufs formés dans les ovaires atteignent un état de maturation complète, et la rupture spontanée des vésicules qui les contiennent est imminente. Ce travail intérieur se manifeste par les phénomènes extérieurs du rut, c'est-à-dire par des signes analogues chez la plupart des animaux, quoique variables d'une espèce à l'autre.

Aristote (1) avait avancé que les mammifères ont des règles, au moment du rut; il avait dit aussi que, chez eux, les règles sont moins abondantes que chez la femme; enfin il avait bien observé que la suppression de l'écoulement périodique, chez la vache, est un signe de conception. Stahl (2), Verduc (3), Helwig (4), Gassendus (5), Santorini (6), Duverney (7), Linné (8), Dwarris (9), Bohn (10), Blancaart (11), ont affirmé que le flux cataménial ne se rencontre pas seulement chez la femme, mais chez la femelle du singe, la vache, la biche, la jument, la chienne, la baleine, et chez les femelles de certains poissons, tels que la raie, la tanche, le mulet. Numan (12) et Rainard (13) ont vérifié les précédentes assertions sur plusieurs de ces animaux; Pouchet (14) en a constaté la réalité sur les chiennes, les truies, les chattes, les lapines et les cobayes. F. Cuvier (15) a reconnu un écoulement menstruel chez les genettes; Lesson, Garnot et Geoffroy Saint-Hilaire ont fait la même observation chez les roussettes.

Les signes du rut varient, d'ailleurs, dans les diverses espèces. Ainsi, chez les poules, la crête se colore plus vivement en rouge; chez les lapines, la vulve se gonfle et s'injecte fortement; chez la chienne, cette tuméfaction est accompagnée d'un écoulement muqueux, odorant, qui attire les mâles; chez les singes, elle coïncide avec un écoulement sanguinolent, et même sanguin, assez abondant. Buffon (16), F. Cuvier (17), E. Geoffroy Saint-Hilaire (18), Burdach (19),

(1) *Histoire des animaux*, trad. de Camus, l. VI et liv. VII. Paris, 1783.
(2) *De mensium muliebrium fluxu et suppressione*. Iena, 1694.
(3) *De l'usage des parties*, t. I, p. 272. Paris, 1696.
(4) *Eph. nat. cur.* Dec. I, an. 9. 10. Obs. 194.
(5) *Vita Peiresci*.
(6) *De Catameniis*. lib. IV, dans son ouvrage intitulé : *De structura et motu fibræ, de nutritione animali, de hæmorrhoidibus et catameniis*. Venise, 1740.
(7) *Œuv. anat.*, t. II, p. 374. Paris, 1761.
(8) *Swetensk acad. Handling*, 1754.
(9) *Diss. de catameniis*. Leyde, 1751.
(10) *Circulus anatom. physiologicus de œconomiâ corporis humani*. Leipsick, 1680, p. 251.
(11) *Jaarreg. cent.*, VI, n° 19.
(12) *Tijdschrist voor naturlijke geschiedenis en physiol.*, t. III, 1838.
(13) *Traité complet de la parturition des principales femelles domestiques*, p. 57. Lyon, 1845.
(14) *Théorie positive de l'ovulation spontanée*, etc., p. 236. Paris, 1847.
(15) *Hist. nat. des mammifères*. Paris, 1824.
(16) *Histoire naturelle, génér. et part.*, t. 12, p. 44. Paris, 1770.
(17) *Hist. nat. des mammifères*. Paris, 1825.
(18) *Cours sur l'hist. nat. des mammifères*. Paris, 1829.
(19) *Traité de physiologie*, t. II, p. 20. Paris, 1831.

Rengger (1), Ehrenberg (2), Breschet (3), Raciborski (4), Isid. Geoffroy Saint-Hilaire (5), ont fait sur la menstruation de ces derniers animaux de nombreuses observations. Cet écoulement est encore plus caractéristique et, en quelque sorte, plus comparable à la menstruation de la femme, si, au lieu de l'étudier dans nos ménageries, on l'observe dans des conditions plus rapprochées de l'état de nature. Hille (6), médecin de l'armée néerlandaise, à Surinam, possédait une femelle de singe qui, à chaque renouvellement de lune, était sujette à un flux sanguin abondant, dont la durée était de trois jours environ, pendant lesquels l'animal donnait tous les signes d'une excessive lubricité.

Enfin, la périodicité du rut est hors de doute pour plusieurs animaux, surtout pour nos espèces domestiques chez lesquelles le retour de cet état physiologique est beaucoup plus fréquent que chez les espèces sauvages. Selon Kuhlemann (7), qui a fait, pour Haller, de nombreuses observations à ce sujet, les brebis non fécondées deviennent en chaleur tous les quinze jours; les truies, tous les quinze à dix-huit jours. Ce phénomène se reproduit, selon Kahleis (8) et Numan (9), toutes les trois ou quatre semaines chez les vaches; selon Greve (10), tous les mois chez les juments, et selon F. Cuvier (11), après le même laps de temps, chez les buffles, les zèbres et les singes.

La femme est-elle soumise à la même loi que les femelles des mammifères, c'est-à-dire, y a-t-il, chez elle, des époques correspondantes au rut, se renouvelant après des périodes régulières, caractérisées par les mêmes phénomènes internes et externes?

Quant aux phénomènes internes, nous l'avons déjà vu, ils sont identiques chez la femme et chez les femelles des mammifères : les vésicules de De Graaf arrivent d'elles-mêmes à maturité; et, puisqu'on a trouvé des corps jaunes chez les vierges, il en résulte que ces vésicules peuvent aussi se rompre spontanément et expulser l'œuf, quand il est arrivé au terme de son évolution.

Des phénomènes extérieurs généraux et locaux se manifestent aussi chez la femme comme chez les femelles des mammifères : Aristote (12) en avait si bien saisi l'analogie, qu'il donne le nom de *menstrues* au flux cataménial de la femme et à l'écoulement périodique qui suinte par la vulve des mammifères en chaleur. Ces phénomènes présentent même chez la femme bien plus d'intensité sous quelques rapports : au lieu d'offrir une simple turgescence ou un écoulement sanguinolent, les organes génitaux sont le siége d'une véritable hémorrhagie; et, chez le plus grand nombre des femmes, ces signes ont une fréquence et une périodicité bien plus prononcées que chez la plupart des mammifères.

Un seul point reste à vérifier : il s'agit de savoir si, entre ces deux ordres de phénomènes intérieurs et extérieurs, il existe la même coïncidence que nous leur

(1) *Naturgesch. der Saugethiere von Paraguay.* Bâle, 1830.
(2) *Mém. de l'Acad. de Berlin*, p. 351; 1833.
(3) *Rech. sur la gestat. des quadrumanes*, dans les *Mém. de l'Inst.*, t. XIX, p. 401.
(4) *De la puberté et de l'âge critique.* Paris, 1844.
(5) *Dict. class. d'hist. nat.*, art. *Macaque et Mammifères.* Paris, 1830.
(6) *Wochenschrift für die gesammte Heilkunde*, 1842.
(7) *Observationes quædam circa negotium generationis in ovibus factæ.* Lipsiæ, 1754, édit. II.
(8) *Meckel's Arch.*, t. VIII, p. 434.
(9) *Ouv. cit.*
(10) *Meckel's Archiv.*, t. VI, p. 52.
(11) *Ann. des sc. nat.* 1re série, t. IX, p. 120.
(12) *Hist. des animaux*, trad. de Camus, lib. VI, p. 379. Paris, 1783.

avons reconnue chez les mammifères; si les uns précèdent ou suivent les autres, ou bien s'ils coexistent; s'ils sont liés entre eux par quelque relation de cause à effet, ou enfin si, se rattachant à une même cause qui dominerait à la fois les uns et les autres, ils sont, par cela même, toujours concomitants.

On comprend d'abord, d'après ce que nous venons de dire, que, chez la femme, des phénomènes d'un seul ordre peuvent être comparés à ceux qui constituent le rut chez les animaux : ce sont les phénomènes dont l'ensemble est connu sous le nom de *menstruation*.

Or, l'expérience des plus anciens temps a appris que les jeunes filles ne sont nubiles et fécondes qu'à dater du jour de leur première menstruation. L'observation attentive des actes physiologiques de notre espèce avait aussi donné, aux médecins des premiers âges, la conviction que le coït, exercé pendant les règles, ou immédiatement après, est suivi de conception bien plus souvent que le coït exercé pendant la période intermenstruelle. Hippocrate (1) recommandait aux femmes, qui voulaient avoir des enfants, de cohabiter au commencement et à la fin de la purgation menstruelle, mais plutôt quand elle dure encore que lorsqu'elle est complétement passée. Galien (2) pensait que la conception était possible, surtout immédiatement après la menstruation. A une époque plus rapprochée de nous, Boerhaave (3) affirmait que les femmes ne deviennent presque jamais enceintes qu'à la fin de leurs règles; et Haller (4) dit qu'il est inutile d'insister sur ce fait : Il est si connu, ajoute-t-il, que les femmes, qui ne veulent pas avoir d'enfants, redoutent d'exercer le coït pendant cette période. Enfin, parmi les auteurs plus récents qui ont essayé des théories sur la menstruation, Lecat (5) considérait cette fonction comme une espèce de phlogose amoureuse; R. Emett (6) comme une véritable érection des parties génitales; M[me] Boivin et Dugès (7), d'après les idées exprimées par Béclard dans ses leçons orales, comme le résultat d'une excitation générale des organes de la génération, analogue à celle du rut, et dont les ovaires seraient le foyer.

Mais l'expérience directe, qui consistait à rechercher quelle modification matérielle s'accomplit dans l'ovaire, concurremment avec la modification fonctionnelle des autres organes de la génération et de tout l'organisme de la femme, n'a été tentée, pour la première fois, qu'en 1831. Négrier d'Angers (8), laissant de côté l'analogie, pour s'appuyer seulement sur l'observation des ovaires de l'espèce humaine, fut le premier à saisir le lien qui existe entre la fonction de ces organes et la période menstruelle. Il exprima ses idées, sur ce point, dans un mémoire lu à la Société de médecine d'Angers, et les rendit publiques quelques années plus tard. On peut dire que, bien qu'il n'ait jamais vu l'œuf, il n'a pas moins reconnu la coïncidence de la rupture des vésicules ovariennes avec les époques de la menstruation. Après lui, Gendrin (9), Montgomery (10), R. Lee (11), Paterson (12),

(1) *Opera omnia*, édit. de Foës, p. 641, 644. Francfort, 1596.
(2) *Comment. III in Hipp.* lib. 2. *edit. oper., edit. cur. D. Kuhn*, p. 442. Leipsick, 1828.
(3) *Prælectiones Academicæ.— De conceptu*, p. 238. Göttingue, 1744.
(4) *Elementa physiologiæ corporis humani*, t. VIII, p. 22. Berne, 1766.
(5) *Nouveau système sur la cause de l'écoulement périodique*, p. 34. Amsterdam, 1765.
(6) *Essais de médecine sur le flux menstruel*. Paris, 1757.
(7) *Traité des maladies de l'utérus*. Paris, 1833. — Comp. aussi Dugès, *Traité de physiol. comp.*, t. III, p. 358. Montpellier, 1838.
(8) *Rech. anat. et phys. sur les ovaires de l'espèce humaine*. Paris, 1840.
(9) *Traité philosophique de médecine pratique*, t. II, p. 28, chap. *Menstruation*. Paris, 1839
(10) *Exposition of the signs and symptoms of pregnancy*. Londres, 1837.
(11) *Med.-chir. Transact.*, t. XXII, p. 329.
(12) *Edinb. med. and surg. Journal*, 1840.

Raciborski (1), Bischoff (2), Courty (3), justifièrent cette opinion par des observations nouvelles; tandis que Duvernoy (4) et Pouchet (5) donnaient toutes les preuves rationnelles que l'analogie et l'induction peuvent fournir, en faveur de la similitude de la menstruation chez la femme, et du rut chez les mammifères. Enfin, Coste (6) a confirmé tout récemment les conclusions de ces nombreux travaux, en donnant le résultat de ses recherches sur l'état des organes génitaux de la femme aux diverses époques de la menstruation et de la période intermenstruelle.

D'après les pièces que nous avons observées dans la collection de ce dernier anatomiste, au collége de France, voici les modifications que présentent les ovaires de la femme relativement à la menstruation.

Une vésicule de De Graaf, dont la maturation coïncide toujours avec la turgescence des organes génitaux, poursuit le cours de son développement, pendant les diverses phases de la menstruation; et, selon que les circonstances sont plus ou moins favorables, elle peut se rompre ou dès le début, ou vers la fin, ou à un moment quelconque de cet écoulement périodique.

Chez une femme, morte le premier jour de l'invasion des règles, la vésicule ovarique était manifestement rompue. Chez une autre, morte quatre ou cinq jours après leur cessation, l'ovaire droit portait une vésicule encore intacte, mais tellement distendue que la plus légère pression en fit éclater la paroi. Enfin, chez une jeune fille vierge, morte quinze jours après la menstruation, il n'y avait aucune trace récente de corps jaune, et l'on ne pouvait douter que la vésicule de De Graaf ne se fût arrêtée dans son développement. Ces femmes, et toutes celles dont nous avons pu étudier les ovaires, avaient succombé à une mort violente et dans la plénitude de la santé.

Ainsi, chez la femme, à chaque menstruation, une vésicule de De Graaf prend sur toutes les autres une prépondérance marquée, arrive spontanément à maturité, et, en général, se déchire à un moment indéterminé de cette période, pour expulser l'œuf qu'elle contient; mais pourtant, dans certains cas, cette vésicule peut aussi demeurer stationnaire ou être totalement résorbée : double phénomène analogue à celui qu'on observe chez les mammifères, pendant le rut.

La menstruation est donc pour l'espèce humaine, comme le rut pour les animaux, l'époque naturelle de la chute des œufs, et, par conséquent, la plus favorable à la conception : telle est la cause prochaine de la plus grande aptitude génératrice de la femme à ce moment, telle est la raison anatomique de ce résultat d'observation, qui, déjà constaté par le père de la médecine, était resté sans explication jusqu'à ces dernières années.

Une question d'un grand intérêt se rattache à cette dernière conclusion : les époques de la maturation et de la chute naturelle des œufs se reproduisent-elles toujours et nécessairement d'une manière régulière? La loi de la ponte périodique, applicable à la femme, aux femelles des mammifères et de tous les autres animaux, est-elle non-seulement générale, mais absolue? Cette loi ne souffre-

(1) *De la puberté et de l'âge critique*, etc. Paris, 1844.
(2) *Ann. des sc. nat.*, 3e série, *Zoologie*. t. II, p. 104; 1844.
(3) *De l'œuf et de son développement dans l'espèce humaine*. Montpellier, 1845.
(4) *Congrès scient. de Strasb.*, 1842.
(5) *Théorie positive de la fécondation*. Paris, 1842, et *Théorie positive de l'ovulation spontanée, etc.* Paris, 1847.
(6) *Histoire générale et particulière du développement des corps organisés*. t. I. Paris, 1847.

t-elle aucune exception? En un mot, en dehors du rut et de la menstruation, n'existe-t-il pas des influences capables de hâter les époques de la maturation et de la chute des œufs?

L'exemple de plusieurs espèces animales, surtout de nos espèces domestiques, prouve que, loin d'être soumises à un principe immuable, la déhiscence spontanée de l'œuf et la ponte périodique dépendent aussi de conditions étrangères à l'évolution naturelle des vésicules de De Graaf. Elles peuvent en effet être modifiées par des causes extérieures dont l'influence se fait sentir aussi bien sur les fonctions qui perpétuent les espèces, que sur celles qui servent à entretenir la vie. La génération est à l'espèce ce que la nutrition est à l'individu : toutes les circonstances qui contribuent à modifier celle-ci, peuvent par cela même modifier celle-là.

Ainsi, le pigeon, qui ne pond dans l'état de nature qu'une ou deux fois par an, niche sept à huit fois, dans nos colombiers. Les poules, qu'on a le soin de priver de leurs œufs, pour empêcher qu'elles ne les couvent, pondent presque tous les jours pendant huit mois sur douze. Le lapin qui, dans l'état de liberté, n'a pas plus d'une ou deux portées par an, se reproduit jusqu'à sept fois, quand on sèvre ses petits en temps opportun.

L'époque de la maturation et de la chute des œufs, loin d'être immuable, paraît donc dépendre de certaines circonstances qui peuvent la hâter dans un cas, la retarder dans un autre. Par conséquent, il faut distinguer, avec Coste (1), des époques naturelles pour cette maturation et cette chute, et d'autres époques, que l'on pourrait appeler artificielles, parce qu'elles sont provoquées par des influences extérieures dont l'expérience a démontré l'efficacité. Au nombre de celles-ci, on doit citer les conditions d'abri et de température, l'abondance et la qualité des aliments, etc. Coste (2) ajoute à ces moyens accélérateurs, la cohabitation des mâles avec les femelles, comme étant un des plus actifs : une lapine entre en rut seulement tous les deux mois, quand elle est isolée ; au contraire, la met-on avec le mâle, peu après la cessation du rut, cet état ne tarde pas à se manifester de nouveau, et elle se laisse couvrir au bout de quelques jours.

Si l'on considère que l'espèce humaine dispose à son gré de toutes ces conditions à l'égard d'elle-même, et jouit du privilége d'une aptitude permanente au rapprochement des sexes, ne pourrait-on pas conclure qu'elle aussi est soumise à ces influences, et que les phénomènes de la maturation et de la chute de l'œuf, chez la femme, ne sont pas toujours spontanés, ni invariablement fixés par la période menstruelle?

Les considérations précédentes sur la chute spontanée de l'œuf et sa ponte périodique, forment une exposition complète et fidèle de toutes les particularités de ce phénomène. Si nous cherchons à les résumer, notamment dans ce qu'elles renferment de relatif à notre espèce, nous serons amené à conclure que, chez la femme, les œufs peuvent atteindre spontanément leur maturation et passer des vésicules de De Graaf rompues, dans les trompes de Fallope; qu'ils opèrent leur déhiscence chez les femmes qui sont vierges, comme chez celles qui ne le sont pas et indépendamment de l'influence du sperme; que le coït n'est peut-être pas

(1) *Histoire générale et particulière du developpement des corps organisés*. t. I. p. 226. Paris, 1847.

(2) *Ouv. cit.*, t. I, p. 226.

sans influence pour activer leur maturation, et surtout leur chute; que même les seules excitations génésiques, ou d'autres circonstances, peuvent hâter le retour des époques où s'accomplissent normalement ces phénomènes; mais qu'en général ceux-ci se reproduisent périodiquement, et que, pendant les périodes auxquelles ils se manifestent, ils s'accompagnent de signes dont l'ensemble porte le nom de menstruation; que, par conséquent, la maturation des œufs et le plus souvent leur déhiscence se traduisent au dehors par *l'éruption des règles.*

Maintenant il nous reste à étudier ce dernier phénomène, qui constitue la manifestation extérieure du travail dont les ovaires sont le siége; à décrire, par conséquent, les caractères de la menstruation, ses variétés, son siége, ses causes prochaines et éloignées.

On a donné, depuis longtemps, le nom de *menstrues* (*purgatio menstrua*, *règles*, *mois*, etc.) à une excrétion de sang qui sort par la vulve, survient naturellement et presque sans exception à toute femme bien constituée dès qu'elle a atteint l'âge de puberté, se reproduit périodiquement tous les mois et se continue jusqu'aux approches de la vieillesse.

Haller (1), ne se doutant pas des relations qui existent entre la menstruation et le rut, reconnaissait que certains animaux ont un écoulement de sang par la vulve, lorsqu'ils sont en chaleur, mais niait qu'ils eussent, à proprement parler, des menstrues ou des règles. Les développements dans lesquels nous sommes entré, en décrivant tous les phénomènes de la chute de l'œuf, ne permettent plus de méconnaître l'analogie de l'écoulement menstruel de la femme avec les manifestations extérieures du rut chez les animaux. Cette analogie, que tout démontre, nous dévoile elle-même les causes de l'hémorrhagie périodique, dont tous les physiologistes s'étaient vainement efforcés, jusqu'à ce jour, de donner une interprétation plausible, et facilite le jugement qu'on doit porter des diverses explications proposées par chacun d'eux. Aussi devrons-nous moins chercher à faire connaître, chez la femme, les causes de cette hémorrhagie que ses caractères, ses variations suivant l'âge, le tempérament, le climat et les divers états physiologiques ou pathologiques. Décrivons d'abord le phénomène en lui-même.

Les différentes phases de la menstruation ont été distinguées, dans ces dernières années, avec plus d'exactitude qu'on ne l'avait fait autrefois. Pouchet (2) surtout, en caractérisant les diverses périodes de ce phénomène, et en comparant, à l'aide de l'observation microscopique, les liquides de la menstruation avec ceux de l'intermenstruation, a tracé de l'hémorrhagie menstruelle un tableau complet.

Le premier fait caractéristique de l'invasion des règles est la manifestation d'une odeur spéciale que contracte le mucus excrété par les organes sexuels : cette odeur est physiologiquement comparable aux émanations qui naissent des parties génitales des femelles à l'époque du rut, et qui, impressionnant le mâle d'une manière remarquable, surtout chez les mammifères, lui permettent de suivre la femelle à la piste. Un second phénomène décèle l'apparition des menstrues, c'est le changement de couleur du mucus utéro-vaginal : ce mucus, d'abord d'un blanc mat, devient alors brunâtre; quelques globules sanguins, mêlés aux nombreux

(1) *Elementa physiologiæ corporis humani*, t. VII, lib, XXVIII. *Muliebria*, p. 158. Berne, 1765.
(2) *Théorie positive de l'ovulation spontanée*, p. 240. Paris. 1847.

globules muqueux et aux fragments d'épithélium qui nagent dans ce liquide, sont la cause d'une pareille coloration.

Cette première période dure un ou deux jours. Tantôt elle précède l'écoulement sanguin d'une manière immédiate, tantôt les symptômes qui la caractérisent disparaissent, et le mucus, excrété par les organes génitaux, redevient normal; puis, après un intervalle d'un jour, du sang presque pur s'échappe subitement par la vulve.

L'écoulement sanguin, rutilant, constitue la seconde période du phénomène. Le liquide alors excrété se compose de sang, qui ne diffère pas du sang artériel, mêlé à du mucus vaginal. En effet, en l'examinant au microscope, on y trouve des globules muqueux à divers degrés de développement et de minces fragments de lames épithéliales transparentes, mélangés à d'innombrables globules sanguins. Cet écoulement cesse d'ordinaire après trois ou quatre jours, mais il se prolonge chez plusieurs femmes pendant cinq, six, et même huit jours.

La quantité du liquide exhalé devenant de moins en moins abondante, sa couleur passe du rouge au brun, la proportion des globules sanguins diminue et celle du mucus augmente; enfin ce mucus devient lui-même plus épais, et offre, pendant cette période de cessation, des caractères analogues, mais inverses, à ceux qu'il avait d'abord présentés. C'est surtout à la fin de cette période que les vésicules de De Graaf peuvent s'ouvrir spontanément.

Quand l'écoulement menstruel a cessé, la surface interne de l'utérus, et surtout celle du vagin, se dépouillent de plaques épithéliales nombreuses, d'abord presque intactes, bientôt réduites en fragments plus ou moins ténus: ces plaques ou ces débris d'épithélium constituent, pendant les premiers jours de l'intermenstruation, la majeure partie des éléments solides contenus dans les excrétions de la vulve; le reste est composé d'un nombre variable de globules muqueux. A ce moment, c'est-à-dire le dixième jour environ après la cessation des règles, on verrait tomber constamment, d'après Pouchet (1), un flocon albumineux, élastique, d'une teinte opaline, produit par la surface utérine, et qui serait une véritable *decidua*, se formant normalement dans la matrice, après chaque période menstruelle, se détachant normalement aussi, pendant chaque intervalle des règles, lorsqu'il n'y a pas eu conception. Nous n'avons jamais pu observer ce phénomène; mais, alors même qu'il aurait lieu, nous nous garderions bien d'y voir la chute d'une *caduque* pour ainsi dire préventive. La caduque étant une portion même de la muqueuse utérine exfoliée, ainsi que nous le démontrerons en faisant l'histoire de cette membrane externe de l'œuf, nous ne saurions conserver une pareille interprétation au flocon albumineux décrit par Pouchet: la texture même qu'il lui assigne n'y décèle guère qu'un produit de sécrétion muqueuse, analogue à celui que fournissent quelquefois les glandes du col utérin connues sous le nom d'œufs de Naboth.

De même que l'invasion des menstrues est, chaque fois, précédée, chez une femme déjà réglée, d'une modification dans la quantité et dans la couleur des sécrétions sexuelles normales; de même aussi chez la jeune fille qui, n'étant pas encore réglée, arrive à l'âge de puberté, l'hémorrhagie menstruelle est souvent précédée d'un écoulement séreux, blanchâtre ou brunâtre. Cet écoulement peut devancer de quelques mois celui du sang, et se reproduire plusieurs fois avant

(1) *Ouv. cit.*, p. 249.

que ce dernier n'apparaisse; souvent aussi, après la première évacuation sanguine, une jeune fille est quelques mois sans avoir ses règles. Ces mêmes phénomènes surviennent de nouveau à l'époque où l'évacuation menstruelle disparaît et où la femme perd pour toujours le privilége de la fécondité.

Des symptômes généraux accompagnent ordinairement le phénomène local de l'hémorrhagie périodique et présentent même, surtout aux premières époques, une certaine gravité. Des douleurs plus ou moins vives, auxquelles s'ajoute un sentiment de pesanteur, se font sentir aux lombes et dans le bassin. Il s'y joint de la lassitude dans les jambes. On observe, en même temps, une tuméfaction notable des mamelles; d'où l'on doit conclure que l'activité se trouve exaltée dans le système génital tout entier. Pendant la durée de l'évacuation, l'intensité des battements du pouls diminue, les yeux se creusent et s'entourent d'un cercle livide, la femme éprouve un affaiblissement général, elle est plus sensible, plus impressionnable. Enfin, si l'hémorrhagie se fait avec difficulté, surtout la première fois, à ces divers phénomènes se joignent de véritables symptômes morbides.

La durée de chaque écoulement menstruel est variable : tantôt, comme nous l'avons dit, elle se réduit à trois ou quatre jours, et tantôt se prolonge au moins pendant une semaine.

La quantité de sang, rendue chaque fois, varie aussi d'une femme à l'autre et suivant diverses circonstances. D'après Burdach, elle serait seulement de 200 grammes; mais ordinairement elle s'élève à 300 ou 350 grammes. Elle peut atteindre jusqu'à 500 grammes, et même aller au-delà. En général, cette quantité est moindre chez les femmes pauvres et mal nourries, que chez les femmes riches et vivant dans l'abondance; chez les femmes chastes que chez les femmes lascives, etc. D'après Haller (1) et Burdach (2) le flux menstruel se reproduit même plus souvent chez ces dernières dont quelques-unes sont réglées tous les quinze jours. Selon Parent Duchâtelet (3), il est quelquefois immodéré chez les filles publiques. Enfin, suivant Burdach (4) et Brierre de Boismont (5), il est plus considérable dans les pays chauds que dans les pays froids.

Relativement à la nature du liquide excrété, on sait aujourd'hui que le sang des menstrues n'est ni fétide, ni vénéneux : l'analyse chimique, qui en a été faite plusieurs fois, et l'explication physiologique que les découvertes modernes ont donnée de cette hémorrhagie, ne permettent pas le doute à cet égard. Hippocrate (6) et Aristote (7) n'avaient pas, d'ailleurs, une opinion différente; car ils ont dit que le sang des règles était comme celui qui coule d'une victime, et que, comme lui, il se coagulait immédiatement. Il ne devient fétide que par la malpropreté, la chaleur, ou un long séjour dans les organes.

Quant à l'origine du sang qui s'écoule par la vulve, à chaque époque cata-

(1) *Elementa physiologiæ*, t. VII, liv. XXVIII, p. 145, 146. Berne, 1765.
(2) *Traité de physiologie*, t. I, p. 288. Paris, 1837.
(3) *De la prostitution dans la ville de Paris*, t. I, p. 248. Paris, 1836.
(4) *Ouv. cit.*, t. I, p. 288.
(5) *De la menstruation dans ses rapports physiologiques et pathologiques*, p. 164. Paris, 1842.
(6) *Natura pueri*, section III.
(7) *Histoire des animaux*, liv. 7, ch. I.

méniale, Haller (1) savait déjà que ce fluide vient de la matrice ; en effet, dans les cas de renversement ou de prolapsus, on l'avait vu s'échapper par gouttes de cet organe. Il le faisait provenir des artères, et, comme nous le dirons bientôt, attribuait à une pléthore la cause de son excrétion. On ne peut dire si le sang menstruel provient réellement des artères ou s'il coule des veines; car il s'échappe des capillaires interposés aux unes et aux autres, et répandus à la surface de la muqueuse utérine. Chez des femmes mortes au moment où commençait l'hémorrhagie, on a vu cette muqueuse engorgée, tatouée, pour ainsi dire, par un nombre infini de petits points rouges, comparables à autant de piqûres par lesquelles suintaient des gouttelettes de sang; en même temps, elle se trouvait parsemée çà et là de petites ecchymoses sous-jacentes à son épithélium. D'après Coste (2), qui a observé un grand nombre d'utérus, aux diverses périodes de la menstruation, le sang s'échappe des vaisseaux superficiels de la muqueuse utérine, non point par de larges déchirures, mais par de petites gerçures microscopiques à travers lesquelles il perspire, comme cela arrive à la surface de la membrane pituitaire dans le cas d'épistaxis : c'est seulement, quand des vaisseaux d'un assez grand calibre, distendus outre mesure, finissent par se rompre, que le flux menstruel sort de ses limites naturelles et peut donner lieu à des accidents graves. La muqueuse de l'utérus doit donc être profondément modifiée lors de l'apparition de chaque flux périodique : elle devient turgescente, son appareil vasculaire se développe et s'injecte, ses glandules elles-mêmes grandissent visiblement. Mais, comme ces dernières modifications se rattachent d'une manière plus immédiate à la formation de la membrane caduque, et comme il nous faudrait insister d'abord, pour les bien faire comprendre, sur certaines particularités de structure de l'utérus et de sa membrane interne, nous renvoyons la description de tous ces phénomènes, pour ne point rompre le fil de leur exposition, jusqu'au moment où nous devrons faire l'histoire complète de la *decidua*.

En général, chez la femme, la menstruation se reproduit périodiquement tous les mois. D'après Brierre de Boismont (3), chez un grand nombre de femmes, trente jours s'écoulent entre le moment de l'apparition des règles et celui de leur retour. D'après Schweig (4), qui a fait, sur soixante femmes, plus de cinq cents observations, la valeur moyenne de cet intervalle serait de 27, 39 jours ; c'est-à-dire que, dans la majorité des cas, l'hémorrhagie se reproduirait du vingt-septième au vingt-huitième jour.

Il est certain que les règles reviennent, chez un grand nombre de femmes, à des époques fort régulières, après un mois, jour pour jour. Le plus souvent elles anticipent de plusieurs jours sur l'époque suivante, plus rarement elles retardent.

Il règne plus d'incertitude sur l'époque de la première éruption des règles et sur l'influence que peuvent avoir les circonstances extérieures, les climats surtout, pour avancer ou reculer cette époque. On sait que, généralement, les règles commencent à couler quand les mamelles commencent à se gonfler, et les poils à

(1) *Liv. cit.*, p. 149.
(2) *Ouv. cit.*, p. 206.
(3) *De la menstruation dans ses rapports physiologiques et pathologiques*. Paris, 1842.
(4) Roser et Wunderlich. *Medicinischer Vierteljahrsschrift*, p. 1, 1844.

croître aux parties génitales. L'âge auquel se manifestent ces signes de la puberté, chez la femme, est compris, dans nos climats, entre la treizième et la quinzième année. Mais il peut varier exceptionnellement, dans des limites assez étendues. Sans parler des cas dans lesquels on a vu sortir du sang de la vulve de petites filles à l'instant de leur naissance, à trois mois, à deux ans, à sept ans; nous rappellerons que Haller (1) a vu lui-même une fille de neuf ans, petite, délicate, etc., réglée, dit-il, depuis quelques années; une autre qui est devenue enceinte au même âge, et d'autres qui sont devenues mères à dix ans et à douze ans.

Quant à l'influence des climats, Haller dit que les filles sont nubiles plus tôt dans les pays méridionaux que dans les contrées septentrionales, dans les plaines que dans les montagnes où l'apparition des règles est souvent retardée jusqu'à l'âge de vingt-quatre ans.

Aujourd'hui, on admet encore généralement que la menstruation est plus précoce dans les pays chauds que dans les pays froids. La température exerce-t-elle, en effet, une action aussi directe sur l'évolution de l'appareil génital? Les recherches d'un grand nombre d'observateurs modernes, et en particulier celles de Brierre, tendent à démontrer que cette influence, tout exagérée qu'elle a été, n'en est pas moins réelle : d'un autre côté, J. Roberton (2), chirurgien à Manchester, a exprimé une opinion opposée dans deux mémoires publiés il y a peu d'années sur le même sujet; et Prichard (3) ne craint pas d'admettre que les preuves sur lesquelles cette opinion est établie, sont parfaitement satisfaisantes. Roberton cherche à prouver qu'il n'y a pas de différence, sous le rapport de la précocité, entre les femmes blanches et les négresses; que, dans le Nord, les femmes sont souvent menstruées de très bonne heure; que, dans l'archipel Indien, la puberté n'arrive pas plus tôt qu'en Europe, etc. Mais, sans entrer ici dans une discussion qui serait trop étendue, nous devons dire que l'auteur de ces deux mémoires s'est servi de documents inexacts ou peu précis, et qu'il a donné de ces documents une interprétation fautive. Si nous cherchons, au contraire, à déterminer l'âge moyen auquel apparaissent les règles, d'après les données que nous possédons, tout imparfaites qu'elles sont, et si nous comparons les âges moyens de la menstruation dans des climats offrant entre eux des différences sensibles, nous ne tarderons pas à découvrir, dans ces âges eux-mêmes, des différences assez notables. Ainsi, tandis que l'âge moyen est de 16,75 ans à Varsovie, il est de 14,75 ans à Paris, et de 13,94 à Marseille; c'est-à-dire, pour prendre les limites extrêmes, que la puberté est plus précoce à Marseille qu'à Varsovie de 2,81 ans ou près de 3 années. Lorsqu'on met en parallèle deux pays séparés par un petit nombre de degrés de latitude, il est possible que leurs températures soient égales, ou la différence de ces températures assez faible pour que leur influence sur la menstruation disparaisse devant l'action de causes agissant en sens opposé. Mais, quand on compare des pays dont la distance à l'équateur est très inégale, et dont, par conséquent, les températures sont ordinairement fort différentes, le résultat de cette comparaison est toujours favorable à l'opinion généralement admise, qu'une température plus élevée rend l'éruption des règles plus précoce.

(1) *Liv. cit.*, p. 139.

(2) *An inquiry into the natural history of the menstrual function* : dans le *Edinb. med. and surg. Journ.*, t. XXXVIII, p. 227, 1832. *On the period of puberty in negro women*, dans même recueil, t. LVIII, p. 112, 1844.

(3) *Histoire naturelle de l'homme* t. II. p. 252. Paris, 1843. trad. de Roulin.

Bien des incertitudes existent encore relativement à la détermination de l'âge auquel cesse la menstruation. Souvent, à trente-six ans, des pertes blanches succèdent aux hémorrhagies périodiques, et les femmes deviennent stériles. Habituellement, vers quarante ans, du trouble survient dans la périodicité des menstrues, on observe des alternatives entre de grandes pertes sanguines et de longues suppressions, et, vers cinquante ans, les règles cessent entièrement. D'après les observations récentes de Brierre de Boismont (1), c'est de quarante à cinquante ans que la cessation des règles est plus fréquente, et l'âge de quarante ans est celui où elle a eu lieu chez le plus grand nombre des femmes qui ont été le sujet de ses observations. Quelquefois il y a retour des règles, et, pour ainsi dire une seconde jeunesse, jusqu'à cinquante-cinq ans, soixante-huit ans et au-delà, pendant laquelle la femme peut recouvrer sa fécondité : d'après Haller (2), on a vu des femmes de soixante-dix ans avoir encore des enfants.

Le climat a-t-il une influence sur la disparition définitive des règles? Cette influence est-elle analogue à celle qui s'exerce sur leur éruption? Les règles, qui sont plus précoces dans les pays chauds, se suppriment-elles aussi de bonne heure dans ces contrées; et l'inverse a-t-il lieu dans les pays froids? C'est le sentiment de Haller. Mais, en se fondant sur les seuls faits que nous connaissions, il est impossible d'émettre à cet égard une opinion positive. Ainsi Frank, cité par Brierre de Boismont (3), a eu l'occasion de se convaincre, dans la Lombardie et à Milan, qu'un grand nombre de filles réglées de bonne heure, cessent pourtant de l'être seulement vers quarante-huit ans ou même plus tard.

La gestation suspend les règles : c'est même presque à ce seul signe que les femmes reconnaissent d'abord leur grossesse. Cependant Haller en a vu qui sont restées réglées jusqu'au huitième mois, et même pendant toute la durée de la gestation, dans plusieurs grossesses successives. D'autres, dit-on, n'auraient été réglées que pendant leur grossesse; mais nous verrons tout à l'heure ce qu'il faut penser de cette assertion.

L'allaitement n'entraîne pas toujours la suppression des règles, et il n'est pas rare de voir des nourrices menstruées. Aussi, dit Haller (4), la lactation n'empêche-t-elle pas une femme de devenir grosse, quoique l'opinion contraire soit généralement accréditée.

Enfin il existe un assez grand nombre de femmes qui, pendant toute leur vie ou pendant plusieurs années, n'ont pas été réglées; et néanmoins, plusieurs d'entre elles ont eu des enfants. Cette exception apparente qui, lorsqu'elle ne tient pas à un état particulier des ovaires, peut dépendre d'une structure spéciale de l'utérus, n'attaque en aucune manière les lois qui établissent un rapport intime entre la menstruation et l'évolution ovarique. Mais peut-il arriver, ce qui serait plus extraordinaire, que des femmes, qui n'ont jamais été réglées, le deviennent dans le seul temps de la grossesse? Maygrier (5) en a cité un exemple. Outre que Désormeaux a nié les faits de cette nature, Négrier (6) pense avec

(1) *Ouv. cit.*
(2) *Lib. cit.*, p. 142.
(3) *Ouv. cit.*, p. 211.
(4) *Lib. cit.*, p. 143.
(5) *Dict. des sc. méd.*, t. XXXII, p. 377.
(6) *Rech. anat. et phys. sur les ovaires de l'espèce humaine*, p. 59. Paris, 1840.

raison que, dans ce cas, comme dans un autre dont il a été témoin, la femme, sans perdre de sang, offrait, à toutes les époques précédant la grossesse, les prodrômes de la menstruation, qu'elle rendait même par la vulve un liquide muqueux blanchâtre, rappelant l'écoulement menstruel, et qu'elle pouvait, par conséquent, avoir fourni, durant les premiers mois de la grossesse, quelques exsudations sanguinolentes.

Telles sont les diverses phases et les principales variations que nous offre l'hémorrhagie menstruelle chez la femme. Il ne nous reste plus qu'à rappeler, en peu de mots, les relations qui existent entre ce phénomène et celui de l'expulsion spontanée des ovules, à déterminer ainsi la vraie cause de la menstruation.

Cette cause fut longtemps ignorée. Sans parler de toutes les hypothèses que l'antiquité avait faites sur ce sujet, nous ne pouvons nous empêcher de dire que Haller (1) lui-même n'avait assigné à ce phénomène, si remarquable par sa périodicité, d'autre cause qu'une pléthore périodique. Ce grand physiologiste donnait pour preuve de son opinion, la manifestation des divers écoulements sanguins qui paraissent suppléer les règles, lorsque celles-ci manquent, et qui se font soit par les poumons, soit par les intestins, etc., tantôt sous la forme de vomissements, tantôt sous celle d'hémorrhoïdes, etc. Après avoir comparé longuement la force des vaisseaux chez les mâles et chez les femelles, il avait conclu que, chez ces dernières, les artères s'amollissent en approchant du bassin, première condition favorable à l'hémorrhagie cataméniale. D'un autre côté la nature, pensait-il, avait rendu les femmes pléthoriques, afin que, lorsqu'il en serait temps, elle trouvât dans la matrice une quantité de sang suffisante pour en transmettre abondamment au fœtus. Il est inutile de développer cette théorie très longuement exposée par le physiologiste du siècle dernier et complétement inadmissible aujourd'hui.

Burdach (2), sans plus de raison, attribue l'existence de la menstruation, chez la femme, à ce que la force plastique a bien plus d'énergie chez elle que chez l'homme. Non seulement il pense que l'éruption des règles a pour but de débarrasser l'économie d'un excès de sang, mais il admet encore, avec Testa, que la matrice, en accomplissant cette fonction, peut être considérée, en quelque sorte, comme un poumon accessoire : il prétend, en effet, avec Lavagna, ce que l'expérience n'a pas confirmé depuis, que le sang menstruel contient moins de fibrine, moins d'azote, et plus de carbone que le sang artériel, en un mot que ce liquide a les caractères du sang veineux, que sa perte débarrasse l'économie, au lieu de l'affaiblir, et qu'ainsi la menstruation sert de complément à la fonction pulmonaire, c'est-à-dire à l'hématose.

Nous en avons déjà dit assez sur les causes de la menstruation, et sur les rapports qui lient ce phénomène à celui de la chute spontanée de l'œuf, pour ne pas nous arrêter à combattre ces hypothèses, dénuées de toute espèce de fondement. Nous avons vu que Négrier (3), le premier, constata expérimentalement le lien qui existe entre la fonction des ovaires et le retour des époques menstruelles. Il rappela, d'après les observations de Simon, de Pott, de Pearson, que la menstruation ne s'établit jamais chez les sujets manquant congénitalement d'ovaires, et qu'elle n'a plus lieu après la destruction de ces organes; que, tout au con-

(1) *Lib. cit.*, p. 151, 175.
(2) *Traité de physiologie*, t. I, p. 287, Paris, 1837.
(3) *Ouv. cit.*, p. 60, 71.

traire, d'après les observations d'Engel, de Dupuytren, de Bloxam, il y a nubilité, désirs vénériens, et congestion hypogastrique plus ou moins périodique chez quelques filles pourvues d'ovaires, mais manquant d'utérus. Il établit, par ses recherches propres, que jamais les ovaires des femmes menstruées, de quelqu'âge qu'elles soient, ne manquent de cicatrices vésiculaires ou de corps jaunes; que les ovaires sont développés ou petits, vésiculeux ou peu vésiculeux, renferment beaucoup ou peu de cicatrices, suivant que les femmes sont précoces et perdent beaucoup, ou qu'elles se trouvent dans les conditions opposées; et il en conclut que l'évolution des vésicules de De Graaf est la cause de la menstruation. Affirmant aussi que parfois on rencontre des cicatrices sur les ovaires de filles qui n'ont pas encore été menstruées, et que, pendant la grossesse l'évolution vésiculaire est très lente, il en conclut encore non seulement que les ovaires sont la cause de l'excitation de l'utérus, mais que jamais l'utérus ne devient cause d'excitation pour les ovaires.

Les relations entre les modifications ovariques et la menstruation ou le rut, ont été confirmées par de nombreux observateurs, et justifiées par l'étude des faits précédemment exposés (1); elles ont même été quelquefois étendues hors de leurs limites naturelles. Ainsi Raciborski (2) attribue aux ovaires non seulement la cause du rut, mais encore l'odeur qui le caractérise.

Négrier (3) pense que l'hémorrhagie menstruelle est à son plus haut point, quand arrive la rupture de la vésicule de De Graaf. La plupart des autres auteurs, qui ont écrit sur ce sujet, admettent que l'époque de cette rupture coïncide avec le terme de l'écoulement sanguin. Mais, nous l'avons vu, la déchirure de la vésicule peut se faire aux divers moments de l'hémorrhagie périodique, être hâtée ou retardée par certaines circonstances, ou enfin avorter : le plus souvent elle s'opère à la fin de la période cataméniale, ou même lorsque le flux a complétement cessé. Dans tous les cas, l'époque de l'hémorrhagie utérine coïncide avec celle de la maturité de l'œuf, et il est évident que cette hémorrhagie et cette maturité concourent à un même but, la conception. L'œuf, en mûrissant, devient un élément germinateur prêt à sortir de l'ovaire et à se développer. L'hémorrhagie n'est que le symptôme extérieur d'une turgescence utérine, et de modifications particulières qui, nous le verrons plus tard, préparent la matrice à recevoir cet élément, à le conserver, à en favoriser le développement. Que l'œuf se détruise et se perde, ou qu'il fructifie et poursuive son évolution, peu importe; le fait ne se réalise pas moins de la même manière. Chaque fois qu'un œuf devient susceptible d'être fécondé et d'entrer dans la voie de son évolution, l'utérus subit un travail préparatoire qui devrait aider à cette évolution dans le cas où la fécondation aurait lieu. C'est précisément ce travail qui se traduit au dehors, chez la femme, par l'hémorrhagie menstruelle, et chez les animaux par les symptômes locaux du rut. Il est d'ailleurs difficile de dire si la rupture de la vésicule ovarique, ou plutôt la maturation de l'œuf, est la cause de la menstruation, ou si ces phénomènes ne sont pas tellement liés entre eux qu'aucun d'eux ne soit sous la dépendance de l'autre, mais que tous les deux résultent en même temps d'une cause plus générale.

(1) Voir plus haut, p. 96.
(2) *De la puberté et de l'âge critique*, etc., p. 379. Paris, 1844.
(3) *Ouv. cit.*, p. 77.

B. Du sperme.

L'élément mâle de la reproduction est le sperme.

Le *sperme* est un liquide épais, filant, d'une couleur blanchâtre, d'une pesanteur spécifique plus grande que celle de l'eau, d'une odeur particulière qu'on a assez bien caractérisée en la comparant à celle qu'exhale la râpure d'os, et que Wagner (1) attribue aux sécrétions mêlées à la semence, plutôt qu'au sperme lui-même. Il verdit les couleurs bleues végétales : mais, en général, on a rapporté cette réaction légèrement alcaline à la liqueur prostatique qui est toujours mélangée au sperme après l'éjaculation. Il est soluble dans l'eau et dans les acides, et se coagule sous l'influence de l'alcool. Abandonné à lui-même, il laisse déposer des prismes à quatre pans, terminés par de longues pyramides quadrangulaires, et groupées en étoiles, qui sont du phosphate calcaire ou du phosphate ammoniaco-magnésien ; puis il se dessèche en une lamelle jaune, fendillée, insoluble dans l'eau. Soumis à l'action de la chaleur, il donne naissance à de l'ammoniaque et bientôt répand l'odeur de la corne brûlée.

Ces caractères physiques et chimiques nous apprennent peu de chose sur la nature du sperme. Les diverses analyses qu'on a faites de ce liquide ne nous ont pas éclairés davantage. Vauquelin (2) a trouvé dans le sperme de l'homme, 90 parties d'eau, 6 d'une matière extractive ou d'une substance mucilagineuse particulière, 3 de phosphate calcaire avec un peu d'hydrochlorate de chaux, et 1 de soude. Berzélius (3) n'a rien ajouté à cette analyse : il a seulement étudié avec plus de soin, mais sans arriver à aucun résultat digne d'intérêt, la substance animale signalée par Vauquelin, et désignée sous le nom de *spermatine*. Cette matière a de l'analogie avec la fibrine, mais elle en diffère par sa solubilité dans l'acide azotique et son peu de solubilité dans la potasse : elle se rapproche aussi du mucus par la propriété qu'elle a de se gonfler dans l'eau, mais elle en diffère aussi par celle de se fluidifier et de se redissoudre dans ce liquide. Aucun travail sérieux n'a été fait, depuis, sur la composition chimique du sperme : aussi l'on peut dire que nos connaissances sur ce sujet sont des plus imparfaites.

Cette imperfection tient surtout à ce que l'examen des chimistes a porté sur la masse des divers liquides excrétés pendant la copulation, et non sur chacun d'eux en particulier. L'observation la plus superficielle suffit pour démontrer que, dans le liquide de l'éjaculation, une matière blanche et opaque est mêlée, en proportions variables, à une matière plus translucide. De là résulte la demi-transparence du fluide séminal qui est d'autant plus clair, comme Haller (4) l'avait déjà remarqué, que le sujet est plus faible, et que l'acte dans lequel il est évacué est plus souvent répété. Cela tient à ce qu'alors le liquide rejeté renferme beaucoup plus d'humeur prostatique et de mucus urétral que de sperme proprement dit.

En effet, la semence, éjaculée pendant le coït, se compose de plusieurs liqueurs

(1) *Histoire de la génération et du développement*, traduit par Habets, p. 38. Bruxelles, 1841.
(2) *Annales du Museum*, t. X, p. 169.
(3) *Traité de chimie*, t. VII, p. 557. Paris, 1833.
(4) *Elementa physiologiæ*, t. VII. p. 517. Berne. 1765.

sécrétées dans des organes distincts, douées d'une importance et de propriétés différentes.

1° Le sperme proprement dit est le liquide qui, formé dans le testicule, gonfle quelquefois cet organe, l'épididyme et les canaux déférents, de même que les œufs distendent l'ovaire au moment de leur maturité : ce gonflement est facile à observer, chez les mâles, surtout à l'époque du rut.

2° Un autre liquide est sécrété par les vésicules séminales. Haller (1) avait soupçonné que non seulement ces sacs membraneux servent de réservoir au sperme, mais encore qu'ils sécrètent une humeur spéciale analogue à celle de la prostate, des glandes de Cowper et des follicules de l'urètre. Les données de l'anatomie comparée et les recherches récentes ont confirmé et étendu cette manière de voir. Ainsi, chez plusieurs animaux, les vésicules séminales sont tout à fait indépendantes des canaux déférents, et s'ouvrent séparément dans l'urètre; chez l'homme, d'après les observations de E. H. Weber (2), on trouve bien des spermatozoïdes dans ces vésicules, lorsque les canaux déférents en sont remplis, mais toujours en quantité moindre que dans ceux-ci.

3° Le suc de la prostate a été considéré par certains auteurs comme ayant une aussi grande importance, chez l'homme, que l'humeur même du testicule. Mais, comme Galien (3) l'avait fait observer, quoique cette humeur soit toujours sécrétée chez les castrats, elle ne suffit pourtant pas pour leur conserver la puissance fécondante. L'anatomie comparée nous a appris, plus tard, que beaucoup d'espèces se reproduisent, quoique les mâles n'aient pas de prostate. La sécrétion de cette glande est néanmoins très active, chez l'homme en particulier, au moment du coït; et Haller (4) a pu dire, non sans quelque raison, que le volume de la prostate devenait plus considérable chez les individus lascifs.

4° Enfin, il faut ajouter aux liquides précédents, l'humeur fournie par les glandes de Cowper et par les innombrables follicules muqueux qui s'ouvrent dans toute la longueur de l'urètre.

Tels sont donc les liquides élémentaires du mélange desquels résulte la liqueur composée de l'éjaculation, liqueur soumise à l'examen des chimistes.

Mais, ce que l'analyse chimique n'a pu faire encore, l'analyse anatomique l'a accompli avec le secours du microscope : elle a distingué, d'une manière tranchée, les liquides qui proviennent de tous les organes sécréteurs accessoires, du liquide exclusivement fécondant qui vient du testicule.

Les premiers renferment un grand nombre de globules muqueux, des plaques épithéliales entières ou divisées, à noyaux très distincts, et souvent fort abondantes, surtout dans les cas d'irritation chronique de la prostate et de l'urètre. Ces liquides ne constituent pas l'élément fécondant; ils en sont, pour ainsi dire, le dissolvant et le véhicule. Non seulement ils varient beaucoup, dans les diverses espèces animales, pour la quantité, et pour le nombre ou la nature des organes qui les sécrètent, mais encore ils sont remplacés, chez quelques animaux, par d'autres liquides qui ont ordinairement une destination différente. Ainsi Prévost et Dumas ont

(1) *Elementa physiologiæ*, t. VII, p. 540.

(2) Mémoire sur un vestige d'utérus chez les mâles des mammifères, sur la structure de la prostate et sur les glandes de la muqueuse utérine; dans les *Archives d'anatomie générale et de physiologie*, p. 381. Paris, 1846.

(3) *De utilitate partium*, L. 14, ch. 2. *De semine*, L. 2, ch. 6.

(4) *Elementa physiologiæ*, t. VII, p. 541.

fait observer (1) que, chez la grenouille commune, les canaux efférents des testicules allant s'ouvrir dans les uretères, l'urine sert ici à diluer la semence et remplace les humeurs fournies, chez les mammifères, par les divers appareils connus sous les noms de prostate, glandes de Cowper, etc.

Le second, le sperme proprement dit, renferme une partie fluide, quelques globules analogues aux globules muqueux, des granules élémentaires quelquefois très brillants, et, par-dessus tout, une innombrable quantité de corpuscules mouvants, filiformes, qui constituent presque entièrement l'humeur sécrétée par le testicule, et lui donnent, par leur abondance, sa ténacité et sa consistance visqueuse. Ces corpuscules mouvants sont l'élément caractéristique du sperme, et paraissent être l'élément réel de la fécondation. Ils existent chez tous les animaux ; on les trouve toujours incorporés à l'œuf fécondé; leur absence rend la fécondation impossible : c'est indiquer assez leur importance, et justifier le soin que nous allons apporter dans l'étude de leur forme, de leurs propriétés, de leur développement et de leur nature.

Des spermatozoïdes.

Louis Hamm, jeune étudiant allemand, vit le premier, en août 1677, dans le sperme humain, des filaments qu'il regarda comme des animaux vivants, et les montra à Leeuwenhoek. Celui-ci, habitué aux observations microscopiques, les étudia attentivement chez l'homme et chez plusieurs animaux, puis communiqua cette découverte à la Société royale de Londres, au mois de novembre de la même année. La description de Leeuwenhoek (2) parut, pour la première fois, dans les *Transactions philosophiques* (déc. 1677; janv. et fév. 1678). N. Hartsœker (3) prétendit avoir vu ces petits animaux dès 1674; mais il ne les décrivit dans le *Journal des Savants* qu'en 1678. D'ailleurs, personne ne donna sur eux autant de détails que Leeuwenhoek; et, depuis ses observations jusqu'aux dernières recherches qu'on a entreprises de nos jours à leur sujet, aucune œuvre intéressante n'était venue éclairer d'un nouveau jour l'histoire de ces singulières productions. Si l'on en excepte le mémoire dans lequel Gleichen (4) les compare à des infusoires, il faut arriver à Prévost et Dumas (5) pour voir commencer une série de travaux sérieux sur la signification de ces corpuscules et la manière dont ils se développent : nous aurons bientôt à apprécier plusieurs de ces travaux, et à donner notre opinion sur les résultats auxquels ils ont conduit leurs auteurs.

Les *spermatozoïdes* sont des éléments organiques, en général filiformes, n'ayant ni structure ni organisation apparentes, doués d'un mouvement propre, se trouvant constamment, à l'époque du rut, dans la semence de tous les animaux, se formant directement par le développement de noyaux ou de contenus de cellules, mais ne se reproduisant pas; constituant enfin, selon toute probabilité, la partie fécondante du sperme.

Ces éléments de reproduction, connus d'abord sous le nom de petits animaux ou de petits vers spermatiques, furent successivement désignés par les dénominations d'animalcules spermatiques, de zoospermes, de filaments spermatiques, de sper-

(1) *Ann. des sc. nat.*, t. I, p. 278.
(2) *Opera omnia*, t. I.
(3) *Proeven der Doorsichtkunde seu specimina Dioptrices*, p. 223.
(4) *Abhandlungen über die Saamen-und Infusionsthierchen*. Nuremberg, etc., 1778.
(5) *Annales des scienc. nat.*, t. I. Paris, 1824.

matozoaires. A toutes ces dénominations, dont plusieurs ont l'inconvénient de préjuger la nature même des corpuscules qui nous occupent, nous préférons celle de *spermatozoïdes*, introduite dans la science par Duvernoy (1).

Les spermatozoïdes de l'homme sont formés, comme ceux d'un grand nombre d'animaux, d'une partie renflée à laquelle on a donné le nom de corps ou de tête, et d'un filament qu'on a désigné généralement sous le nom de queue. La tête est ovoïde, un peu aplatie. La queue, faisant suite à la grosse extrémité du corps, et assez épaisse à son origine, s'amincit à mesure qu'elle s'en éloigne, et se termine par un filament très délié. Un grossissement de trois à quatre cents fois est nécessaire pour laisser apercevoir les contours délicats de ces corpuscules. En effet, leur longueur totale est seulement de $\frac{1}{20}$ de millimètre, et le grand diamètre de la tête n'excède pas $\frac{1}{300}$ à $\frac{1}{200}$ de millimètre. Ils sont plus grands dans d'autres espèces animales; et bien que, chez la plupart des mammifères, leur forme soit analogue à celle des spermatozoïdes de l'homme, on peut dire néanmoins que, dans les classes, les genres et même les diverses espèces, ils offrent dans leur aspect des différences notables. Ces variations sont assez sensibles pour que plusieurs naturalistes aient rangé tous les spermatozoïdes connus, dans les cadres d'une classification analogue aux classifications des espèces animales. Nous exposerons bientôt les raisons qui nous font rejeter à la fois l'opinion de leur animalité, et la possibilité de les classer comme de véritables animaux. Il est bon pourtant de constater la diversité des formes qu'ils nous présentent dans les différentes espèces, quoiqu'au fond on ne doive pas peut-être attacher à cette diversité une grande importance. Wagner (2) a signalé, depuis plusieurs années, les plus remarquables de ces différences chez les mammifères, les oiseaux, les reptiles, les poissons et les invertébrés.

Ce qui frappe le plus, quand on observe des spermatozoïdes récemment expulsés du corps, ce sont la rapidité et la nature de leurs mouvements, qui leur avaient fait donner par Spallanzani (3) le nom de *corpuscules mouvants*, avant que cet observateur ne se fût prononcé en faveur de leur animalité. Ces mouvements n'ont rien de commun avec ceux qu'on observe parfois sous le microscope dans des particules entraînées par des courants plus ou moins rapides, ou avec le mouvement moléculaire sur lequel R. Brown a appelé, le premier, l'attention des micrographes. En effet, on voit les spermatozoïdes se diriger en avant, comme s'ils tendaient vers un point déterminé, revenir en sens contraire, suivre chacun une direction différente, se heurter, se séparer, passer entre les lamelles épithéliales ou les globules muqueux qui les environnent, s'abaisser dans le fluide où ils nagent, ou s'élever à sa surface, s'agiter, en un mot, comme sous l'influence d'une impulsion volontaire. Henle (4) a essayé de mesurer leur vitesse chez l'homme, et croit s'être assuré qu'en sept à huit minutes ils peuvent parcourir environ deux centimètres.

Le mouvement des spermatozoïdes paraît être produit par les ondulations de la queue. Il cesse après peu d'instants, sous l'influence du froid, d'une température trop élevée ou du dessèchement; mais si l'on a soin d'entretenir la fluidité du milieu

(1) Cours professé au Collège de France, 2e fascicule, p. 48. Paris, 1841. — *Dictionnaire universel d'Hist. nat.*, art. *Animal*, t. I, p. 528.
(2) *Histoire de la génération et du développement*, p. 12. Bruxelles, 1841.
(3) *Opuscules de physique animale et végétale*, t. II, p. 10. Pavie, 1787.
(4) *Anatomie générale*, t. II, p. 533. Paris, 1843.

dans lequel s'agitent les corpuscules spermatiques, et de maintenir sa température au même degré que celle du corps, on peut en prolonger la durée pendant plusieurs heures. Dans une goutte de sperme épais, extraite du canal déférent, les spermatozoïdes, accumulés et comprimés par leur masse même, se meuvent avec lenteur : mais si l'on étend cette goutte, par exemple avec du sérum de sang, leur mouvement devient plus vif et continue plus longtemps. La durée des mouvements paraît varier dans les diverses espèces animales. Chez les mammifères et chez l'homme, Wagner (1) dit l'avoir observé encore après vingt-quatre heures; mais c'est fort rare. Si, au lieu de faire ces recherches sur du sperme fourni par l'éjaculation ou extrait des organes mâles, on va recueillir les spermatozoïdes dans les organes mêmes où ils sont normalement introduits, et où leur conservation doit être, par conséquent, mieux assurée, on reconnaît que leur faculté motrice persiste bien au-delà du terme précédent. Plusieurs observateurs ont acquis cette certitude en examinant du sperme trouvé dans le vagin, et surtout dans l'utérus et dans les trompes de Fallope. Leeuwenhoek (2) pensait que les spermatozoïdes peuvent se mouvoir dans ces organes durant plus de huit à dix jours. Prévost et Dumas (3) ont vu des spermatozoïdes se mouvant encore, dans les trompes de chiennes, sept jours après le coït; et Bischoff (4) a observé le même phénomène, dans les trompes de lapines, huit jours après l'accouplement.

L'influence de divers agents se fait sentir d'une manière très marquée sur la faculté motrice des corpuscules spermatiques. Nous avons dit que le froid ou une température trop élevée anéantissent assez rapidement cette faculté. On savait que le même effet résulte de l'action des acides. Prévost et Dumas (5) ont vu que tout mouvement cesse dans les spermatozoïdes soumis à quelques décharges d'une bouteille de Leyde : au contraire, d'après les mêmes observateurs, les mouvements persistent après le passage d'un courant galvanique continu qui ne donne point de secousses; seulement, dans les portions rapprochées du pôle positif, ces corpuscules deviennent bientôt immobiles, ce qui paraît tenir uniquement à l'action des acides qui se produisent à ce pôle. Le mucus et la salive ne nuisent pas à leurs mouvements. Il en est de même du sang, du lait, du pus, d'après Donné (6), et même de l'urine, d'après Wagner (7). Mais, selon les observations de Prévost (8), et les expériences plus complètes de Wagner (9), l'acide cyanhydrique les arrête instantanément; la strychnine les fait cesser, après leur avoir imprimé une perturbation en quelque sorte convulsive; les solutions d'opium, de laurier-cerise, et, en général, de tous les narcotiques les arrêtent rapidement; l'alcool et les acides étendus exercent aussi sur eux une influence nuisible. Enfin, il paraît en être de même, d'après les intéressantes recherches de Donné (10), du mucus vaginal et du mucus utérin, lorsque l'acidité du premier et l'alcalinité du second sont beaucoup plus prononcées que dans l'état normal.

(1) *Ouv. cit.*, p. 25.
(2) *Opera omnia*, t. I, p. 150. 1722.
(3) *Ann. des sc. nat.*, 1re série, t. III, p. 122.
(4) *Müller's Archiv.*, p. 16, 1841.
(5) *Ann. des sc. nat.*, 1re série, t. I, p. 288.
(6) *Nouvelles expériences sur les animalcules spermatiques*. Paris, 1837. — Et *Cours de Microscopie complémentaire des études médicales*, p. 287. Paris, 1844.
(7) *Ouv. cit.*, p. 24.
(8) *Comptes-rendus de l'Acad. des sciences*. Paris, 1840, 30 novembre.
(9) *Ouv. cit.*, p. 23.
(10) *Cours de microscopie*, p. 291.

Cette apparence de spontanéité dans les mouvements des corpuscules spermatiques, l'action de l'électricité, des narcotiques, des acides qui, en frappant ces corpuscules d'immobilité, semble les priver de la vie, tels sont les arguments les plus sérieux présentés par les physiologistes qui soutiennent l'opinion de l'animalité des spermatozoïdes. Les autres motifs, sur lesquels se fonde encore cette opinion, déjà émise par Leeuwenhoek, adoptée par Spallanzani et même par des auteurs contemporains, sont d'une bien moindre valeur. Ils consistent seulement en certaines particularités de structure ou d'organisation, qu'aucune observation attentive n'a pu justifier encore. D'ailleurs, loin d'accorder aux prétendus animalcules du sperme l'importance que leur assignaient les premiers observateurs qui proclamèrent leur animalité, et de reconnaître en eux des animaux déjà formés auxquels il manque seulement de se développer pour reproduire l'espèce, la plupart des partisans actuels de l'animalité des spermatozoïdes assimilent ces corpuscules mouvants aux entozoaires, ou bien aux animaux microscopiques qui fourmillent dans les infusions ou dans les matières putréfiées. Quoi qu'il en soit, voici les principaux faits invoqués par eux.

Sans rappeler l'opinion d'Ehrenberg qui a placé les spermatozoïdes parmi les microzoaires succurs, ni celle de Czermak (1) qui, en les faisant rentrer dans les infusoires, les a considérés comme de véritables animaux, et classé les uns dans les vibrionides, les autres dans les cercaires, etc.; nous dirons d'abord que Valentin (2) croit avoir reconnu des traces d'organisation chez les spermatozoïdes de l'ours : un suçoir antérieur, un anus et des vésicules stomacales ou des circonvolutions d'intestin. Gerber (3) assure avoir distingué des organes de génération dans les spermatozoïdes du cabiai. Schwann (4) prétend qu'il existe, au centre de la tête des spermatozoïdes de l'homme, une ventouse ou un suçoir analogue à celui des cercaires et des douves. Pouchet (5) ne craint pas d'assurer qu'il s'y trouve, en avant, une sorte de ventouse stomacale, en arrière, une circonvolution intestinale faisant suite à ce premier organe. Il ne met pas en doute non plus que toute la surface des spermatozoïdes ne soit recouverte d'un feuillet épithélial.

Répétons qu'on n'a pu parvenir jusqu'ici à vérifier aucune de ces assertions, et à découvrir la moindre trace d'organisation dans les spermatozoïdes.

Il est inutile d'ajouter qu'on a voulu encore voir, dans les spermatozoïdes, des modes de reproduction comparables à ceux des animaux auxquels on les assimilait : les uns disent avoir observé chez eux la scissiparité, les autres le bourgeonnement; de là, de nouveaux arguments en faveur de leur animalité. On doit expliquer, seulement par l'inexpérience la plus complète, l'erreur dans laquelle de grossières illusions ont pu jeter des observateurs dont il est inutile de citer les noms. C'est au contraire du mode de production des spermatozoïdes que nous déduirons l'opinion qu'on doit se former de la nature de ces corpuscules. Jamais on n'a découvert en eux aucun mode de reproduction, ni par scission, ni par gemmes, ni par œufs. Voyons donc comment ils se forment dans l'organe mâle : nous commencerons ainsi à nous faire une idée du rôle qu'ils sont appelés à remplir dans la fécondation.

(1) *Beitrage zu Lehre von den Spermatozoen*. Vienne, 1833.
(2) *Nova acta naturæ curios.*, t. XIX, p. 237. *Repertorium*, p. 134, 1837.
(3) *Allgemeine Anatomie*, p. 210.
(4) *Mikroscopische Untersuchungen*. Berlin, 1839.
(5) *Théorie positive de l'ovulation spontanée et de la fécondation*, p. 321. Paris, 1847.

Origine des spermatozoïdes. — Les opinions émises sur ce sujet ont été très diverses, car elles étaient suggérées par l'idée que chacun se faisait de la nature des corpuscules spermatiques. Des observations précises et nombreuses ne permettant plus aujourd'hui le doute sur la manière dont les spermatozoïdes se développent, nous éviterons les longueurs d'une discussion, devenue inutile, en exposant tout d'abord leur mode de formation. Ensuite il nous sera facile de juger, en quelques mots et avec pleine connaissance de cause, les divergences des auteurs à cet égard, et leurs diverses hypothèses sur la nature et la destination des filaments du sperme.

On doit à Wagner (1) les premières observations exactes sur la genèse des spermatozoïdes. Ses recherches ont porté sur les oiseaux, et notamment sur les passereaux. A l'approche du printemps, les testicules de ces animaux se gonflent graduellement et atteignent un volume et un poids vingt et trente fois plus considérables que ceux qu'ils avaient en hiver. En examinant, dans ces circonstances favorables, le contenu des conduits séminifères, chez le grimpereau, Wagner y a reconnu les éléments suivants, dont il a donné le dessin et la description. Dans ces canaux, se trouvent d'abord des globules de grandeur et de forme différentes, à contenu granuleux ou transparent, avec un noyau à leur centre; puis apparaissent des vésicules rondes, transparentes, ne renfermant d'abord qu'un nucleus granulé, analogue aux premiers globules libres, puis deux ou trois, et enfin dix ou un plus grand nombre, semblables au précédent. Ces vésicules augmentant de volume, on voit se manifester, dans leur intérieur, un précipité fin et granuleux, qui s'interpose aux noyaux dont nous venons de parler; en même temps que ceux-ci s'évanouissent, se forme un groupement linéaire que bientôt on reconnaît pour un faisceau de spermatozoïdes. Les vésicules s'allongent, leur contenu granuleux diminue peu à peu et finit par disparaître; alors elles sont remplies par un faisceau de spermatozoïdes replié sur lui-même. Bientôt elles se rompent, et les corpuscules spermatiques passent librement dans le canal déférent, où ils se dissocient et paraissent acquérir un volume plus considérable.

Ces observations étaient exactes, mais incomplètes. Wagner avouait lui-même, en les publiant, qu'il est difficile de décider si les globules observés dans le principe sont de nouveaux éléments ou des cellules de l'épithélium modifiées; s'ils se transforment en ces grandes vésicules qui leur succèdent, ou s'ils suivent une autre marche; si le précipité granuleux de ces vésicules est le résultat de la décomposition des *nuclei*, ou s'il provient d'une formation nouvelle; enfin si les spermatozoïdes naissent de cette substance granulée, ou s'ils se développent dans son intérieur.

Lallemand (2) a élucidé plusieurs points de cette obscure question, par ses observations sur les corpuscules spermatiques d'un grand nombre d'animaux, par ses études sur le sperme de l'homme, dans l'état de santé ou dans l'état de maladie, et surtout par ses recherches sur le développement des spermatozoïdes de la raie.

A l'époque du frai, qui a lieu au commencement d'avril, les testicules de la raie

(1) *Histoire de la génération et du développement*, p. 26. Bruxelles, 1841. — *Icones physiologicæ* du même auteur. Leipsick, 1839.
(2) *Ann. des sc. nat.*, 2e série; *Zoologie*, t. XV, p. 30, 257, 262.

deviennent plus turgescents ; leur face supérieure est convexe, inégale et comme tuberculeuse ; on y voit proéminer des mamelons blanchâtres et granuleux, formés par des agglomérations d'ampoules sphériques qui sont elles-mêmes les terminaisons des conduits sécréteurs du testicule, et chacun de ces mamelons est composé d'une centaine d'ampoules. Parmi ces ampoules, les unes, beaucoup plus petites, sont complétement vides et diaphanes dans tous les points, aucun travail n'a commencé à se manifester dans leur intérieur ; d'autres laissent apercevoir une foule de granulations diaphanes, qui tapissent la face interne de leur paroi ; dans quelques autres, ces granulations, devenues opaques, commencent à se grouper vers le centre, puis des groupes distincts se forment et finissent par s'isoler les uns des autres (fig. 15, *a*) ; enfin ces groupes eux-mêmes, augmentant de volume, remplissent toute l'ampoule. A ce moment, les spermatozoïdes sont développés et prêts à passer dans le canal spermatique.

Si l'on examine le contenu de ces ampoules, à leurs divers états, on remarque, dans celles qui commencent à devenir opaques et dont les granulations se groupent, qu'il existe, dans chacun des groupes granulés, des spermatozoïdes isolés les uns des autres (fig. 15, *b*), et roulés sur eux-mêmes de manière à faire croire qu'ils sont contenus dans une vésicule très mince ; mais, avec beaucoup d'attention et un grossissement convenable, on reconnaît que la partie la plus mince de la queue est ce qui semble la circonférence d'une vésicule. Dans les ampoules plus avancées,

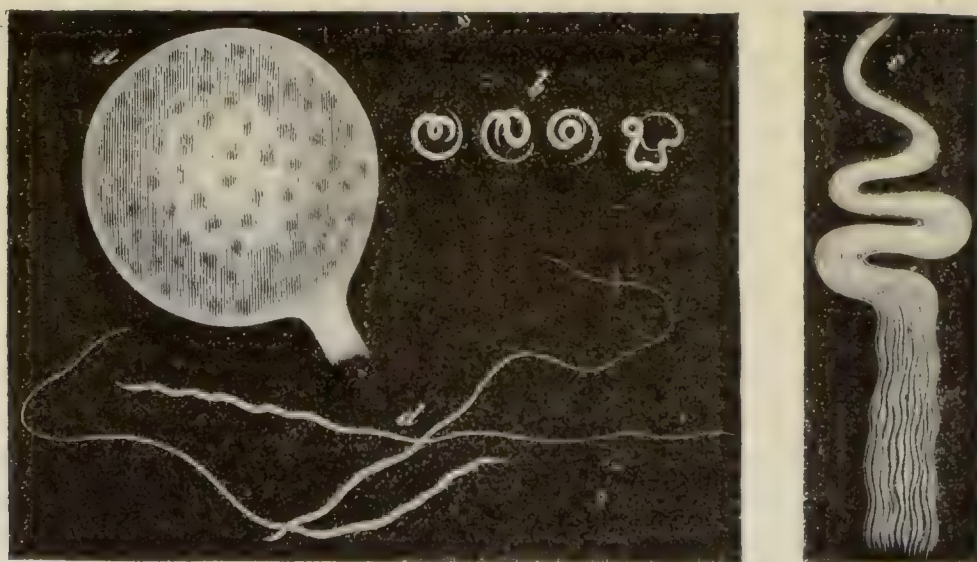


Fig. 15. *Développement des spermatozoïdes de la Raie.*

les spermatozoïdes se déroulent de plus en plus, puis se réunissent en fascicules nombreux : on les trouve groupés ainsi dans les ampoules qui sont arrivées au degré de développement reproduit par la fig. 15, *a*. Paraissant d'abord adhérents à la face interne de l'ampoule et contenus dans une vésicule, les filaments spermatiques, devenus libres, se déroulent successivement et commencent à se réunir en fascicules, à mesure qu'ils se redressent. Ils forment des faisceaux plus nombreux, plus serrés encore, quand ils sont tout-à-fait redressés. C'est dans cet état (fig. 15, *c*) qu'ils parcourent tout le canal déférent, acquérant seulement des dimensions à peu près doubles et des mouvements de plus en plus prononcés, malgré leur état d'agrégation. Enfin leur dissociation (fig. 15, *d*) s'effectue, lorsqu'ils arrivent

dans la vésicule séminale, probablement à l'aide du liquide fourni par cet organe.

En même temps que Lallemand, E. Hallmann (1) fit, sur le même sujet, des observations dont les résultats s'accordent avec ceux que nous venons de rapporter. Il reconnut aussi que chacun des spermatozoïdes se développe dans une vésicule, et qu'il y demeure enfermé jusqu'au moment où, rompant cette première enveloppe par l'effet de son développement, il se rapproche des spermatozoïdes voisins pour former avec eux des faisceaux plus ou moins volumineux qui bientôt s'engagent dans le canal déférent.

Mais Kœlliker (2), qui a également reconnu que chaque spermatozoïde se développe en effet dans une vésicule, a contribué, plus qu'aucun autre observateur, à déterminer le vrai mode de formation des corpuscules spermatiques, en décrivant avec détail toutes les phases de ce phénomène, et en le généralisant par ses nombreuses recherches sur les animaux de toutes les classes.

L'épithélium de la surface des canaux spermatiques paraît être la source de cette formation. Ainsi, chez l'*helix pomatia*, Kœlliker (3) a vu, dans les tubes séminifères, des cellules épithéliales volumineuses, sphériques, granulées, renfermant plusieurs vésicules tout à fait semblables à celles dans lesquelles se développent les spermatozoïdes. Lorsque la cellule épithéliale est détachée du point où elle s'était formée, les vésicules précédentes paraissent s'en échapper et se multiplier; car on les trouve encore quelque temps groupées autour des vestiges racornies de cette sorte de cellule mère. Quoi qu'il en soit, on rencontre plus tard, à l'extrémité des conduits séminaux, chez les mammifères, comme dans les autres classes, des globules à noyaux, libres ou contenus dans des vésicules. Il est probable qu'ils sont tous normalement et primitivement contenus dans des vésicules. Si ces dernières ont échappé à la plupart des observateurs et sont parfois difficiles à apercevoir sous le microscope, cela tient sans doute à ce qu'elles sont très fragiles, et à ce que l'action de l'eau suffit pour les faire éclater instantanément. Ces vésicules seraient d'ailleurs sorties elles-mêmes de la cellule épithéliale dans laquelle elles auraient été engendrées. Quant aux globules qu'on observe avant le développement des spermatozoïdes, ils possèdent tous un corpuscule ou noyau : Kœlliker désigne ces globules eux-mêmes sous le nom de noyaux, et leur corpuscule intérieur sous celui de nucléole. Il les a trouvés chez tous les mammifères dont il a étudié le sperme, chez le chien, le chat, le lapin, le rat, etc.

Tantôt un seul globule se trouve dans une des vésicules précédentes, et il en remplit la cavité; tantôt plusieurs de ces globules, depuis deux jusqu'à vingt, sont contenus ensemble dans une vésicule dont le volume est alors en rapport avec le nombre des éléments qu'elle renferme. Valentin (4) a constaté cette disposition chez l'ours, Wagner (5) chez l'homme et chez le lapin. Nous avons reproduit ici, d'après Kœlliker, une des grandes vésicules qui se trouvent

(1) *Müller's Archiv*, p. 467, 1840.

(2) *Die Bildung der Samenfaden in Bläschen, als allgemeine Entwickelungsgesetz*. Neuenburg, 1846.

(3) *Ouv. cit.*, p. 10.

(4) *Nova acta natur. curios.*, t. XIX, p. 1.

(5) *Histoire de la génération et du développement*, p. 30. Bruxelles, 1841.

dans les tubes spermatiques de ce dernier mammifère. Cette vésicule (fig. 16, A) renferme cinq globules à noyau, dont l'un a été représenté isolément (fig. 16, *a*). Il est facile de reconnaître ces grandes vésicules, lorsqu'on étudie les produits du testicule à l'époque du rut; les petites, n'étant peut-être qu'un degré de développement des plus grandes, sont alors bien moins nombreuses. Les unes et les autres, comme nous l'avons dit, se détruisent si facilement, qu'il faut procéder avec beaucoup de soin quand on veut les étudier.

Plus tard, dans chacun des globules que renferment ces vésicules, on voit se développer un spermatozoïde (fig. 16, B, *b*). Est-ce aux dépens du noyau, ou de la substance même du globule, que cette formation se réalise? on l'ignore encore. Seulement, dans chacune des vésicules qui renferment des globules, aussi bien dans celles qui en contiennent un seul que dans celles qui en enveloppent un plus grand nombre, on voit les spermatozoïdes, d'abord assez vaguement limités, revêtir bientôt une forme plus arrêtée, puis offrir un aspect presque entièrement semblable à celui qu'ils doivent présenter au terme de leur développement. A cette époque, les corpuscules spermatiques sont donc contenus dans la vésicule qui renfermait le globule générateur, ou du moins antérieur à leur formation; de sorte que les uns s'y trouvent solitaires, les autres en nombre variable (fig. 16, B), suivant le nombre des globules que cette vésicule contenait primitivement.



Fig. 16. *Développement des spermatozoïdes du lapin.*

Tout en se formant aux dépens du globule qui le produit, le spermatozoïde reste emprisonné dans la membrane qui limite ce globule ou son contenu, de manière que chacun de ces filaments se trouve dans une véritable vésicule, qui lui est particulière (fig. 16, *b*), et qui est renfermée elle-même dans la vésicule commune (fig. 16, B).

Dès que le développement des spermatozoïdes est accompli, l'enveloppe de chacun d'eux ne tarde pas à se rompre, et ces corpuscules deviennent libres dans la vésicule qui contenait leurs globules générateurs. Les dispositions qu'ils affectent varient alors suivant le nombre des globules à noyau qui se trouvaient dans chaque vésicule, et, par conséquent, suivant le nombre des spermatozoïdes qui s'y trouvent actuellement. Quand un seul spermatozoïde est renfermé dans une vésicule, il y affecte la même position qu'il avait d'abord dans le globule, c'est-à-dire qu'il y est contourné en spirale (fig. 16, *b*) et adossé contre sa paroi, sans en changer essentiellement la forme. Quand deux ou trois spermatozoïdes occupent une seule vésicule, ils y sont irrégulièrement placés, toujours contre la paroi. Lorsqu'enfin un nombre considérable de filaments spermatiques est renfermé dans une grande vésicule, ils s'arrangent en faisceau, l'un à côté de l'autre, toutes les têtes tournées du même côté, et d'une manière très régulière.

Peu de temps après, toutes les vésicules, grandes et petites, se rompent et disparaissent, chez l'homme et chez les mammifères, sans laisser de traces, sans former, comme chez d'autres animaux, une espèce de capuchon ou d'enveloppe incomplète aux faisceaux de spermatozoïdes, pendant leur acheminement. Par suite, dans le contenu des canaux de l'épididyme, on rencontre à la fois, et des spermatozoïdes libres, et de longs faisceaux de spermatozoïdes, signalés déjà par

Leeuwenhoek, décrits de nouveau dans ces derniers temps par Dujardin, Wagner, Gerber, et la plupart des autres observateurs.

Enfin généralement, la plupart des faisceaux se rompent dans le canal déférent, leurs éléments se dissocient, et il ne reste plus qu'une masse de spermatozoïdes serrés, entrelacés, confondus les uns dans les autres, et n'ayant que des mouvements peu étendus ou insensibles, à cause de leur nombre trop considérable et de la viscosité du liquide trop peu abondant qui les baigne.

Si l'on étudie ces corpuscules eux-mêmes, indépendamment des vésicules dans lesquelles ils se forment, on observe encore que, bien qu'atteignant déjà, dans les conduits séminifères, la forme générale qu'ils offriront plus tard, ils subissent néanmoins dans leur structure certaines modifications, en parcourant les conduits excréteurs de la semence, depuis les tubes spermatiques jusqu'à l'extrémité du canal déférent et jusqu'aux vésicules séminales. Dujardin (1) avait signalé, sur les spermatozoïdes de l'homme, l'existence de nodules irréguliers et de lambeaux adhérents à la base des filaments : il regardait ces nodules, ces lambeaux, comme des parties détachées, en même temps que le spermatozoïde, du lieu où ce dernier a pris naissance. Kœlliker (2) a observé les mêmes particularités chez le lapin et chez quelques autres animaux; mais il a remarqué que les nodules, situés à l'origine de la queue, se rencontraient seulement sur les spermatozoïdes contenus encore dans le testicule (fig. 17, *a*, *b*), tandis que ces renflements diminuaient de volume, ou paraissaient avoir changé de place, sur les spermatozoïdes recueillis dans le canal déférent (fig. 17, *c*), et disparaissaient complétement sur les corpuscules spermatiques tout à fait constitués, arrivés à l'extrémité des voies séminales (fig, 17, *d*). Aussi regarde-t-il ces modifications comme un effet du développement de ces particules animées. D'ailleurs, il faut bien se garder de confondre ces renflements avec les apparences de dispositions analogues produites par la coagulation du mucus, sur divers points de la surface des spermatozoïdes, et occasionnant souvent des illusions dans les observations microscopiques.



Fig. 17. *Développement des spermatoz. du lapin.*

Nature et destination des spermatozoïdes. — On voit, d'après ce qui précède, que les spermatozoïdes se forment dans des cellules appartenant au tissu propre du testicule et détachées de la surface interne des canaux spermatiques. Ce sont des produits directs de l'organisme, sinon sécrétés par l'organe générateur mâle, du moins se séparant de lui, sous une forme animée qui témoigne de leur activité vitale et de leur puissance de développement. Ils ne présentent donc, par ce mode même de formation, aucune analogie avec les infusoires, les entozoaires ou d'autres parasites quelconques. En un mot, l'origine des spermatozoïdes, telle que nous venons de la décrire, ne permet plus d'admettre dans la science la supposition que ces corpuscules sont de véritables animaux.

Cette supposition s'était présentée à l'esprit des premiers observateurs. Leeuwenhoek, qui désignait ces éléments organiques sous le nom de vers, pensait qu'il

(1) *Ann. des sc. nat.*, 2e série, *Zoologie*, 1837, t. VIII, p. 293.
(2) *Ouv. cit.*, p. 15.

existe des vers spermatiques de l'un et de l'autre sexe, qu'ils s'accouplent entre eux, que les femelles mettent bas, qu'ils s'accroissent, changent de peau, et présentent en petit la véritable figure d'un homme. Hartsœker partageait cette opinion. Haller (1), frappé de leurs mouvements, considérant que ces mouvements une fois perdus ne se reproduisent plus, vit lui-même dans les spermatozoïdes des animaux vivants; mais, en même temps, il regarda les assertions de Leeuwenhoek comme de simples conjectures, et, loin d'admettre avec lui qu'ils sont déjà l'embryon futur, ou, comme l'ont fait des physiologistes plus récents, qu'ils sont de simples parasites, il se contenta de les considérer, avec Paitoni (2), comme des *animaux essentiels à la semence*.

D'un autre côté, Buffon (3) faisant servir la découverte de Leeuwenhoek à l'édification de son système, vit, dans les spermatozoïdes, ces espèces d'atomes vivants qu'il avait désignés du nom de *molécules organiques*. Il assura que des molécules identiques se produisent lorsqu'on fait infuser la substance testiculaire d'un cadavre, et les assimila à celles qui résultaient, d'après lui, de la putréfaction ; puis, de même qu'il expliquait, à l'aide de ces dernières, la formation d'animalcules nouveaux par génération spontanée, de même il regarda ces molécules organiques, se détachant normalement du testicule, comme les éléments de la reproduction, dans la génération sexuelle. Mais Haller (4), en faisant la critique de cette hypothèse, remarqua très judicieusement qu'on ne peut s'attendre à observer, dans la semence récente et chaude, les mêmes phénomènes qu'on voit se produire dans l'infusion d'un testicule privé de vie, et il en déduisit que cette prétendue ressemblance entre les molécules organiques et les vers spermatiques n'est tout au plus qu'une apparence; qu'ainsi Buffon s'était trompé en faisant un tel rapprochement.

Depuis cette époque, les expériences d'un grand nombre d'observateurs, parmi lesquels il faut citer surtout Spallanzani, tout partisan qu'il est de l'animalité des spermatozoïdes, Prévost et Dumas, Wagner, Lallemand, Kœlliker, ont démontré à la fois le peu de fondement qu'il y a à attribuer le privilége de l'animalité aux corpuscules du sperme, et l'importance de leur rôle dans la fécondation. L'opinion, dans laquelle on les regarde comme de véritables animaux, ne peut guère reposer aujourd'hui que sur la singularité de leurs mouvements. Mais la motilité ne suffit pas pour caractériser un animal. Tous les animaux connus non seulement se meuvent, mais se reproduisent et digèrent. Or, on n'a jamais vu les spermatozoïdes se reproduire entre eux; nous venons de décrire la manière dont ils prennent naissance. On ne les a jamais vus non plus digérer, ou seulement absorber, quelque soin qu'on ait mis à découvrir en eux ces fonctions, en teignant de diverses matières colorantes le liquide ambiant, comme Ehrenberg avait enseigné à le faire pour découvrir l'organisation des infusoires.

Après leur mode d'origine et l'absence de toute organisation, le plus fort argument contre l'animalité des spermatozoïdes se tire de la relation qui existe entre leur présence dans le sperme et l'aptitude de la semence à la fécondation.

Hebenstreit, Ch. Bonnet, Gleichen n'ont jamais trouvé de spermatozoïdes chez le mulet. Prévost et Dumas (5) les ayant recherchés sur un mulet en chaleur,

(1) *Elementa physiologiæ*, t. VII, p. 529.
(2) *Discors academ. della generazione dell'uomo*. p. 22. Venise. 1722.
(3) Voir plus haut, p. 6.
(4) *Elementa physiologiæ*, t. VII, p. 528.
(5) *Ann. des sc. nat.*, t. I, p. 183.

n'en ont rencontré aucun dans toute l'étendue des organes de la génération : le liquide, renfermé dans le testicule et le canal déférent, contenait seulement des globules, qui nous paraissent être des cellules d'épithélium. Wagner (1) a répété ces recherches sur les bâtards d'oiseaux, qui sont généralement stériles comme les mulets : chez un grand nombre, il n'a trouvé que des globules ou corpuscules, de volume variable ; chez quelques uns, il a vu des espèces de filaments, qu'il a cru pouvoir rapporter à une production imparfaite de spermatozoïdes, ceux-ci offrant d'ailleurs un aspect tout différent de celui que présentent les mêmes éléments chez les espèces naturelles.

Si des mulets, naturellement stériles pendant toute leur vie, nous passons aux animaux capables de se reproduire, nous observerons d'abord que, chez ces derniers, le pouvoir reproducteur n'existe pas à toutes les époques de la vie ; que même, chez le plus grand nombre, il ne se manifeste qu'à des intervalles déterminés, pendant un laps de temps assez court, et disparaît dans certaines saisons. Or, chez les uns comme chez les autres, on ne trouve de spermatozoïdes dans la semence, ou dans les organes qui l'élaborent, qu'à l'époque où existe la puissance fécondante.

Hartsœker (2), Geoffroi (3), Andry (4), avaient remarqué les premiers qu'il n'y en a pas chez l'enfant. Leeuwenhoek n'en avait pas trouvé chez les jeunes agneaux, et, à leur place, il avait signalé de petits corpuscules comme le seul élément solide qu'on pût découvrir dans leur semence. Le même observateur et Baker (5) n'en avaient pas rencontré davantage chez les hommes épuisés par des excès vénériens. Toutes ces observations ont été confirmées de nos jours. Il est constant que les spermatozoïdes n'apparaissent, dans la semence de l'homme, qu'à l'époque de la puberté.

On a encore reconnu que ces corpuscules n'ont pas toujours la même énergie, la même densité, les mêmes dimensions, depuis le moment où ils commencent à se rencontrer dans le testicule. Ils peuvent être plus ou moins nombreux, très rares, remplacés par des produits incomplets, par des globules ovoïdes ou sphériques, et même manquer totalement chez certains malades. Lallemand (6) a signalé toutes les variations qu'on leur voit subir en quantité, en forme, ou en dimension, chez les malades affectés de pertes séminales. Enfin ils disparaissent complétement chez l'homme par les progrès de l'âge, c'est-à-dire en même temps que la puissance virile.

Les animaux domestiques, comme l'homme, ne possèdent des spermatozoïdes qu'à l'époque de la puberté, c'est-à-dire au commencement de la période reproductive de leur existence, et pendant tout le reste de cette période. Chez les animaux sauvages, au contraire, dont la fécondité est intermittente et se renouvelle à des époques à peu près constantes pour chaque espèce, on trouve seulement à ces époques des corpuscules spermatiques dans les testicules : les changements qu'éprouvent chaque fois les produits de ces organes aux approches du rut, sont tout à fait semblables à ceux qu'on observe chez l'homme aux approches de la puberté, et l'on voit, pendant toute la durée de ce pouvoir fécondant, les sper-

(1) *Histoire de la génération et du développement*, p. 32.
(2) *Essai de dioptrique*. Paris, 1694.
(3) *Quæst. med. an hominis primordia vermes?* Paris, 1704.
(4) *De la génération des vers dans le corps de l'homme*, t. I, p. 187. Paris, 1741.
(5) *The microscope made easy*. Londres, 1743.
(6) *Ann. des sc. nat.*, 2e série, t. XV, p. 30. Paris, 1841. — Voyez aussi le *Traité des pertes séminales involontaires*, du même auteur., t. II. Montpellier, 1841.

matozoïdes se former à l'extrémité des tubes ou des sacs testiculaires, de la même manière qu'ils se développent, en toute saison, chez les animaux domestiques ou dans l'espèce humaine.

L'apparition des spermatozoïdes à l'époque de la puberté, leur retour à l'époque du rut, et leur disparition le reste de l'année, sont de graves difficultés pour ceux qui regardent ces corpuscules comme des parasites. Burdach (1), qui s'est posé en défenseur de cette dernière opinion, est obligé d'admettre que le sperme est le liquide le plus putrescible de l'économie, et que, quand il est devenu assez parfait pour être apte à la fécondation, il est en même temps très décomposable et propre à donner naissance à des infusoires. D'un autre côté, le même physiologiste s'appuie sur l'observation que les spermatozoïdes se meuvent bien mieux dans le sperme dilué que dans le sperme extrait directement des canaux testiculaires, pour conclure que ces filaments deviennent vivants par l'effet même de cette sorte d'infusion : or, on sait que ces différences tiennent tout simplement à ce que la masse même des spermatozoïdes et la viscosité du liquide qui les unit ne leur permettent pas d'exécuter leurs mouvements avec facilité, tant qu'on ne les a pas isolés par le mélange d'une humeur plus limpide.

Ignore-t-on d'ailleurs que les parasites se développent chez les individus faibles, mal nourris, exposés à l'intempérie des saisons, ou à quelque autre cause débilitante ? Au contraire, ainsi que le fait observer Lallemand (2), les spermatozoïdes n'apparaissent qu'au moment où le corps a pris la plus grande partie de son développement ; ils se reproduisent avec d'autant plus de rapidité, que l'individu est plus robuste, mieux nourri, etc. Quand le rut est dans sa plus grande énergie, chez les animaux, les corpuscules spermatiques sont tellement entassés dans les canaux sécréteurs du testicule, qu'ils y occupent plus de place que le liquide ambiant ; de sorte que la création des spermatozoïdes est, on peut le dire, le résultat essentiel de l'accroissement d'activité du testicule. Les organes souffrent de la présence des entozoaires et leur expulsion est toujours suivie d'une amélioration dans les fonctions, dans l'état général de l'économie ; au contraire, le séjour prolongé des spermatozoïdes augmente la force physique et l'énergie morale. L'affaiblissement, produit par leur expulsion exagérée, devrait suffire, à défaut d'autres raisons, pour éloigner l'idée de tout rapprochement entre eux et les parasites.

Dans l'état sauvage, non seulement on ne trouve des spermatozoïdes, chez les mâles, que dans les circonstances où l'on rencontre en eux l'aptitude à la fécondation, mais encore cette aptitude ne se manifeste, les spermatozoïdes ne se développent, qu'au moment où la femelle entre en chaleur, et où les œufs arrivent à maturité. Les mêmes causes agissant à la fois et de la même manière sur le mâle et sur la femelle, l'un et l'autre se trouvent disposés en même temps à la reproduction. Les ovaires et les testicules deviennent, à la même époque, le siége d'un travail actif qui acquiert peu à peu sa plus grande intensité. Il est vrai que l'œuf se forme déjà dans les fœtus femelles, tandis que le sperme commence à se produire chez les mâles, seulement à l'époque de la puberté ; mais le développement que prennent les testicules à cette époque, le volume énorme qu'ils acquièrent chez les animaux sauvages au moment du rut, la masse de spermatozoïdes dont ils sont

(1) *Traité de physiologie*, t. I, p. 133. Paris, 1837.
(2) *Ann. des sc. nat.*, 2e série, t. XV, p. 67.

alors gorgés, sont des phénomènes tout à fait comparables à la tuméfaction des ovaires, à la distension des vésicules de De Graaf, au développement des ovules, à leur maturation, à leur chute, chez les femelles en chaleur. Lallemand (1) a exprimé d'une manière très nette les principaux termes de ce rapprochement entre l'ovule et le spermatozoïde.

Les testicules sont manifestement les analogues des ovaires : nous les verrons se développer comme ces derniers, au-dessous des reins, derrière les corps de Wolff, occuper, chez l'embryon, la même place que les ovaires, affecter les mêmes rapports. Les spermatozoïdes se développent dans leurs canaux, comme les œufs dans le stroma de l'ovaire. Chez les animaux inférieurs, il n'y a même aucune différence entre l'organisation des deux appareils dans lesquels se forment soit les ovules, soit les spermatozoïdes, de sorte que, pour déterminer s'il s'agit d'un ovaire ou d'un testicule, il faut en avoir examiné les produits au microscope (2).

Après avoir quitté l'ovaire, les œufs s'enveloppent dans l'oviducte d'une couche d'albumine, et de plus, chez les ovipares, d'une membrane extérieure, ou coque; puis leur progression est facilitée par la présence de liquides plus ou moins visqueux, sécrétés par la trompe. Une partie de la sécrétion de ce canal est donc employée à compléter leur développement, l'autre à les isoler et à favoriser leur marche. Il en est de même pour les spermatozoïdes, traversant successivement le corps d'Hygmore, l'épididyme, le canal déférent, la vésicule séminale et l'urètre.

Enfin, chez certains mollusques tels que la seiche et le calmar, les corpuscules spermatiques, au lieu d'être isolés à leur sortie des canaux déférents, sont renfermés dans une sorte de capsule formée autour d'eux par la coagulation d'une matière visqueuse, et connue sous le nom de *spermatophore* ou corps de Needham. Ne doit-on pas reconnaître, dans cette disposition, l'analogue de celle que nous présentent les œufs composés des sangsues, des moules, et d'une multitude d'invertébrés?

L'origine des spermatozoïdes, l'époque à laquelle ils se développent et les circonstances dans lesquelles ils reparaissent, les analogies qui les rapprochent des ovules, tout semble démontrer que ces éléments organiques constituent la partie essentielle du sperme, celle par laquelle le mâle concourt à la reproduction. Mais on a été plus loin : on a cherché à déterminer directement, par l'expérience, si c'est à eux qu'il faut attribuer le pouvoir de féconder l'ovule, quelle part ils prennent à cet acte physiologique, et jusqu'à quel point la matière même dont ils sont composés intervient dans la formation du germe.

Les efforts de Spallanzani (3) ont puissamment contribué à détruire le préjugé de l'*aura seminalis*. Ayant démontré que la liqueur séminale continue de féconder des œufs, bien qu'elle soit noyée dans une très grande quantité d'eau, cet observateur eût pu se laisser entraîner à l'opinion du pouvoir fécondant de la vapeur spermatique qui ne paraît être que la semence elle-même extrêmement atténuée : mais les faits décidèrent le contraire. Une assez grande quantité de sperme fut

(1) *Ann. des sc. nat.*, 2e série, t. XV, p. 74.
(2) Voir plus haut, p. 58.
(3) *Expériences pour servir à l'Histoire de la génération*, p. 203. Paris, 1787.

placée dans un verre de montre; dans un autre semblable, furent déposés des œufs qui, par la viscosité de leur albumen, s'attachèrent à la partie concave du verre; celui-ci fut disposé sur le premier de manière à laisser un très faible intervalle entre les œufs et le sperme (d'une ligne dans quelques expériences, d'un tiers de ligne dans les autres), et l'appareil resta plusieurs heures exposé à une température convenable de 18° à 25°. Une quantité de vapeur considérable humecta les œufs; à chaque expérience, une perte sensible fut constatée dans le poids du sperme qui avait séjourné au-dessous d'eux, et néanmoins jamais les œufs, soumis à cette seule action, ne présentèrent des phénomènes de développement; tandis que ceux d'entre eux qu'on mettait ensuite en contact immédiat avec le sperme éprouvaient bientôt les effets de la fécondation. Ces expériences furent répétées sur deux espèces de crapauds et sur deux espèces de grenouilles; elles donnèrent toujours le même résultat.

La partie du sperme qui s'évapore est donc complétement inféconde, et n'a pas plus d'action que n'en aurait de la vapeur d'eau : au contraire, la sémence liquide possède seule le pouvoir fécondant, et elle en jouit à un si haut degré qu'une très faible quantité suffit pour déterminer le développement d'un grand nombre d'œufs. Ainsi Spallanzani (1) s'assura qu'une petite goutte d'eau de $\frac{1}{50}$ de ligne, tirée d'un volume d'eau de dix-huit onces, dans laquelle on avait délayé seulement trois grains de semence, était très propre à la fécondation.

Quel était, dans cette semence étendue d'une si grande quantité d'eau, l'élément fécondant? Est-ce à sa partie liquide ou aux spermatozoïdes qu'il faut attribuer la part qu'elle prenait à la reproduction? Spallanzani (2) assure que, dans plusieurs cas, il n'a pu y découvrir aucun corpuscule spermatique. Mais des expériences analogues, répétées par d'autres observateurs avec de meilleurs instruments, et les faits nombreux que nous pouvons vérifier tous les jours, nous autorisent à croire que, dans cette circonstance, il a commis une erreur.

Prévost et Dumas (3), qui ont reproduit, d'une manière encore plus probante, les expériences de Spallanzani sur l'*aura spermatica*, et qui ont démontré non seulement la nécessité du contact matériel du sperme avec l'œuf, mais encore le mode de pénétration de ce liquide jusqu'à l'enveloppe immédiate de l'ovule, se sont de plus efforcés de prouver que le pouvoir fécondant de la semence appartient seulement aux spermatozoïdes.

Depuis que Spallanzani, par ses fécondations artificielles, nous a appris que le sperme, étendu d'une grande quantité d'eau, ne perd rien de son pouvoir, on préfère se servir, dans les expériences, de cette préparation à laquelle il donnait le nom d'eau spermatisée, à cause de la facilité qu'elle donne d'isoler les divers éléments spermatiques et de déterminer l'importance de chacun d'eux. Prévost et Dumas, ayant préparé vingt grammes de cette liqueur prolifique, en réservèrent une moitié et soumirent l'autre moitié à six explosions électriques qui suffirent pour y faire cesser tout mouvement dans les spermatozoïdes: on mit alors cette liqueur et celle qu'on avait réservée, chacune en contact avec quinze œufs dans des vases séparés. L'une n'effectua aucune fécondation, l'autre, qui n'avait pas été soumise aux commotions de la bouteille de Leyde, produisit quatorze têtards. On

(1) *Ouv. cit.*, p. 170.
(2) *Ouv. cit.*, p. 133, 180.
(3) *Ann. des sc. nat.*, 1re série, t. II, p. 129.

peut objecter, il est vrai, que des étincelles électriques, assez puissantes pour ôter le mouvement aux spermatozoïdes, ont dû modifier la composition chimique du sperme, et lui faire perdre, avec ses qualités intimes, sa propriété fécondante.

Mais la même objection s'adresse difficilement à l'expérience suivante : cent grammes de liqueur fécondante ayant été préparés, avec douze testicules et autant de vésicules séminales, Prévost et Dumas les jetèrent sur un filtre composé de cinq filtres emboîtés les uns dans les autres. Dans l'espace d'une heure, on recueillit dix grammes qui ne contenaient aucun spermatozoïde. Cette portion fut mise en contact avec quinze œufs, et la liqueur restée sur le filtre fut versée sur une masse de plusieurs centaines. Ces derniers furent fécondés comme à l'ordinaire ; les autres étaient tous gâtés au bout de quelques jours. La même expérience avait été faite déjà par Spallanzani (1) : cet observateur avait même remarqué que le nombre des naissances était en raison inverse du nombre des filtres employés, et qu'enfin, avec six ou sept filtres, il n'y en avait plus aucune, quoique la liqueur exprimée des papiers conservât ses propriétés fécondantes. Peut-on dire que, malgré la quantité d'eau employée, la liqueur séminale n'a pas été dissoute, qu'elle n'a pu passer à travers le papier, et que c'est à elle, et non aux spermatozoïdes, qu'il faut attribuer le pouvoir fécondant du liquide resté sur le filtre ?

Convaincus de la nécessité des spermatozoïdes, Prévost et Dumas ont voulu aller plus loin et chercher à évaluer le nombre des œufs qu'il est possible de féconder avec une quantité connue de ces corpuscules. Ils ont trouvé que 225 spermatozoïdes ont fécondé seulement 61 œufs sur 380. L'ensemble des recherches auxquelles ils se sont livrés, sur le même sujet, les a conduits à cette conséquence, que le nombre des œufs fécondés est toujours inférieur à celui des spermatozoïdes employés.

Ajoutons qu'après la fécondation, sur les œufs de grenouilles fécondés artificiellement et sur ceux de tous les animaux inférieurs, comme sur les œufs des mammifères, on trouve toujours des spermatozoïdes dans l'albumine dont ils sont entourés, et jusqu'à la surface de la membrane vitelline elle-même. Ces corpuscules arrivent-ils au contact de l'œuf pour jouer seulement un rôle accessoire ? Vallisnieri (2), qui ignorait leurs rapports avec l'œuf, leur attribuait l'usage de conserver à la semence sa fluidité. Bischoff (3), à l'exemple de Valentin (4), émet une opinion analogue, et considère les spermatozoïdes comme étant destinés tout simplement à maintenir, par leur agitation, la composition chimique du sperme. Avant eux, Bory Saint-Vincent (5), regardant les spermatozoïdes comme des entozoaires, leur avait assigné la même fonction de contribuer au mélange des éléments chimiques de la semence ; mais il supposait, en outre, qu'ils pourraient bien contribuer à la fécondation, en entraînant partout avec eux de la liqueur séminale plus ou moins adhérente à la surface de leur corps. Faut-il s'arrêter à combattre de telles hypothèses ? L'opinion, d'après laquelle on attribue aux spermatozoïdes l'usage d'entretenir la composition chimique du sperme, ne repose sur aucun fondement. Quant à celle qui les ferait passer pour des espèces de colporteurs de la semence,

(1) *Ouv. cit.*, p. 310.
(2) *Istoria della generazione dell'uomo.* Venise, 1721.
(3) *Traité du développement de l'homme et des mammifères*, p. 31. Paris, 1843.
(4) *Repertorium*, t. VI, p. 251.
(5) *Dict. class. d'Hist. nat.*, article *Zoosperme*, p. 737. Paris, 1830.

nous verrons, en étudiant bientôt le mécanisme de la pénétration du sperme, que ce liquide n'a pas besoin de leur secours pour atteindre la surface de l'œuf.

Tels sont les caractères des produits fournis par le mâle dans la génération. Tous ces produits sont loin d'avoir la même importance : les uns sont évidemment accessoires ; les autres, élaborés par le testicule, possèdent seuls le pouvoir fécondant. Enfin, parmi ces derniers, les spermatozoïdes paraissent être les véritables éléments de reproduction. Ils sont produits par les testicules, comme les œufs par les ovaires ; les uns et les autres se forment de la même manière ; ils se complètent réciproquement, et sont susceptibles de se développer en commun, de former une combinaison organique nouvelle, et de reproduire le type des individus souches dont ils se sont détachés.

Étudions maintenant les principaux phénomènes qui accompagnent cette union de l'élément mâle à l'élément femelle, et voyons comment s'accomplit l'acte physiologique désigné sous le nom de *fécondation*.

II. DE LA FÉCONDATION.

Ce que nous avons dit, jusqu'à présent, des éléments de la reproduction dans les deux sexes et de l'union à laquelle ces éléments sont destinés, doit faire pressentir que la *fécondation* n'est pas, comme on l'a professé longtemps, une sorte d'impulsion donnée à la matière inerte, une influence dynamique s'exerçant sur une substance organisée qui n'attendait que l'application d'une force pour entrer en action.

L'œuf et le sperme ne sont pas seulement organisés, ils sont encore vivants.

En effet, l'œuf ne présente pas seulement, dans l'ovaire, des phénomènes d'évolution remarquables ; après avoir quitté le lieu de sa formation, il continue à vivre et sa vitalité se manifeste par des changements, par des progrès d'organisation. La segmentation vitelline, dont nous parlerons bientôt, peut, par exemple, indépendamment de toute influence extérieure, commencer à s'opérer en lui et donner naissance aux sphères organiques desquelles proviendraient, sur un œuf fécondé, les cellules du blastoderme, première réalisation matérielle de l'embryon futur. De son côté, le sperme, longtemps après qu'il est sorti du corps, atteste encore sa vitalité, par la persistance des mouvements dont ses corpuscules caractéristiques demeurent animés.

Les bourgeons, les spores des animaux inférieurs, sont des parties vivantes qui se séparent de l'individu souche, lorsqu'elles ont en elles ce qui leur suffit pour se développer isolément. L'œuf, le sperme, sont des parties vivantes qui se séparent des deux individus d'un type spécifique, lorsqu'elles ont en elles le pouvoir de se compléter, de se développer en commun, de puiser enfin l'une dans l'autre les éléments nécessaires à la formation ultérieure d'un nouvel être semblable à ce même type.

La fécondation n'est pas non plus un acte instantané. Nous verrons que, sous ce rapport, pas plus que sous celui de l'apparition soudaine de la vie dans une matière inerte, elle ne diffère des autres phénomènes organiques. La fusion de l'œuf et du sperme s'effectue, lorsque, sous l'influence d'actions appropriées, ces deux

éléments sont mis en contact l'un avec l'autre : le développement, qui suit ce contact, est simplement un effet de continuation de l'activité vitale qui déjà résidait dans chacun d'eux, avant leur rapprochement.

Ainsi envisagée, la *fécondation* n'en est pas moins un acte aussi singulier qu'important. Car le sperme et l'œuf, abandonnés isolément à eux-mêmes, perdent toute aptitude à vivre, se désorganisent, se décomposent; au contraire, sont-ils unis, on voit redoubler, dans le composé organique résultant de leur fusion, l'activité qui animait isolément l'un et l'autre, et ce tout devenir, en peu de temps, un nouvel être qui tient matériellement des deux individus dont il participe.

Dans l'étude de cet acte organique, il convient de signaler les moyens qui, portant le sperme à la rencontre de l'œuf, donnent à ces deux éléments la possibilité de se réunir; d'examiner en lui-même le phénomène qui consiste dans la fusion de ces éléments; d'indiquer le lieu où celle-ci s'opère et le moment où elle s'accomplit.

A. Copulation.

La *copulation*, ou l'union des sexes, dépendant, chez le mâle, de la sécrétion du sperme, peut se faire, chez nos animaux domestiques et surtout chez l'homme, dans toutes les saisons, à des intervalles assez rapprochés; du moins n'observe-t-on pas, sous ce rapport, des intermittences forcées, des périodes limitées, comme nous en avons reconnu dans l'élaboration et dans l'expulsion de l'élément générateur femelle. Si, parmi les animaux sauvages, les mâles ne sont pas continuellement en chaleur, cela tient, comme nous l'avons vu, à ce qu'ils ne se trouvent pas toujours dans les conditions de bien-être, de nourriture, etc., favorables à la sécrétion de la semence. Mais aussi, lorsqu'ils arrivent à cet état, ils peuvent suffire à plusieurs femelles, et, pendant un assez long temps, sont toujours prêts à leur fournir l'élément reproducteur élaboré dans leurs organes; tandis que, chez les femelles, le rut passe avec l'expulsion des œufs, et ne se reproduit plus après la fécondation opérée.

Chez l'homme, l'élaboration du sperme est, pour ainsi dire, continue : il s'en faut bien que l'intervalle qui sépare la maturation d'un œuf de celle d'un autre œuf sépare aussi la formation d'une certaine quantité de sperme de la formation d'une nouvelle quantité de ce liquide. De plus, si toutes les influences voluptueuses, si l'excitation vénérienne, et surtout le coït, hâtent la maturation des œufs et la rupture des vésicules de De Graaf, les mêmes causes agissent encore avec bien plus d'efficacité pour accélérer la sécrétion du sperme. L'homme, qui reste longtemps près d'une femme dont il est épris, éprouve bientôt un gonflement douloureux des testicules, dû à une accélération dans la formation de la semence, et commandant impérieusement le coït. Le rapprochement des sexes ne tarde pas alors à être suivi de l'éjaculation, c'est-à-dire de l'expulsion du liquide reproducteur dont l'abondance se révélait par des signes indubitables. Mais pour que l'éjaculation s'effectue, pour que le coït soit possible, la verge acquiert une rigidité qui lui permet de pénétrer dans le vagin et d'en parcourir toute l'étendue : cet état du pénis est désigné sous le nom d'*érection*.

L'*érection*, ou l'augmentation de volume et de rigidité du membre viril, est produite, chez l'homme, par la distension des corps caverneux.

Il faut distinguer l'érection naturelle qui résulte de l'excitation au coït, de celle qui est factice et dépend de causes étrangères à l'acte vénérien.

Cette dernière peut se manifester sous l'influence d'actions mécaniques ou irritantes très variables : la plénitude de la vessie, par exemple, détermine généralement des érections le matin, avant le lever, même chez les jeunes enfants, mais elles cessent dès que l'urine a été évacuée ; la compression, par toute autre cause, des veines qui rapportent le sang des organes génitaux, l'usage des cantharides, etc., peuvent aussi les provoquer.

Les causes de l'érection naturelle sont l'appétit vénérien éveillé par l'instinct génésique, et l'excitation du système nerveux.

Les désirs provoqués par l'imagination, par les lectures, les tableaux, les souvenirs, etc., non seulement causent de violentes érections, mais peuvent aller encore, chez quelques hommes, jusqu'à déterminer l'éjaculation. On sait combien, même auprès d'une femme, le secours de l'imagination est souvent nécessaire, et que, sans lui, l'érection et l'éjaculation ne sont pas toujours possibles.

Cependant la cause la plus active et la plus générale de l'érection est la distension des vésicules séminales et des testicules par l'abondance du fluide spermatique. Cette abondance, déterminant d'ailleurs un sentiment incommode de pression et de douleur sourde, provoque l'érection très promptement, s'il s'y joint un aiguillon quelconque. Celle-ci, quelle que soit la nature de l'excitant vénérien, a toujours d'autant moins de force, comme le fait observer Haller (1), que les réservoirs de la semence sont plus épuisés.

Mais, s'il est aisé de découvrir les diverses circonstances favorables à l'érection, il n'est pas aussi facile de comprendre son mécanisme.

On sait bien que cette turgescence est produite par l'accumulation du sang, car on s'est convaincu directement, soit par la section du pénis chez les animaux, soit par la compression des veines, que l'afflux du sang et sa rétention dans les corps caverneux sont les causes immédiates de l'augmentation de volume de la verge : mais, comment le sang est-il retenu dans cet organe? C'est un point qui n'est pas encore éclairci. Depuis longtemps, on a cru pouvoir attribuer cet effet à la contraction des muscles ischio-caverneux, et, il y a quelques années, Krause (2) a soutenu de nouveau cette opinion. A nos yeux, il n'est pas probable que ces muscles compriment la racine des corps caverneux et la veine dorsale, leur action paraissant se borner à abaisser la verge. La coopération des muscles bulbo-caverneux au phénomène de l'érection est encore plus problématique, car l'action de ces petits faisceaux musculaires semble se réduire à accélérer le cours de l'urine et du sperme dans le canal de l'urètre. Nous connaissons d'ailleurs des organes érectiles, tels que le mamelon, la crête du coq, etc., dont la turgescence, tout aussi remarquable que celle de la verge, ne peut être attribuée à l'action d'aucun muscle. Faut-il faire jouer un rôle, dans le phénomène de l'érection, aux artères hélicines décrites par J. Müller (3) et par Valentin (4)? C'est aussi fort douteux, d'autant plus que J. Müller lui-même n'a pas pu découvrir des artères hélicines dans le gland dont l'érection n'est pourtant pas moins évidente que celle de la verge.

(1) *Ouv. cit.*, VII. 1, p. 555.
(2) *Müller's Archiv*, 1837, t. IV, p. 31.
(3) *Müller's Archiv*, 1835, t. II, p. 208.
(4) *Müller's Archiv*, 1838, p. 182.

Quel que soit le mécanisme de l'érection, cet état de rigidité du pénis est nécessaire à son introduction dans le conduit vulvaire et à l'accomplissement du *coït*.

En même temps qu'elle prend plus de volume et de dureté, la verge acquiert, surtout en avant, une sensibilité beaucoup plus vive, dont le développement est indispensable pour déterminer l'excrétion de la liqueur séminale. Cette sensibilité se développe par des frottements réitérés dans l'organe mâle et dans l'organe femelle. Lorsqu'elle a acquis, à la surface de la verge et surtout du gland, un degré suffisant, elle provoque, par un effet d'action réflexe de la moelle, la contraction spasmodique des vésicules séminales, des muscles du périnée, de ceux de l'urètre, et détermine ainsi l'*éjaculation* de la semence.

L'exaltation de la sensibilité est à la fois cause et effet de l'éjaculation. Si la titillation, due au frottement du gland, et la sensation de plaisir qui en résulte, doivent atteindre leur plus haut degré pour pouvoir déterminer l'éjaculation, à son tour le passage du sperme dans l'urètre augmente encore la volupté qui semblait avoir atteint ses dernières limites, et détermine un état général de spasme qui abolit momentanément toute autre sensation.

Comme tous les mouvements réflexes, l'éjaculation est un acte involontaire. Plusieurs organes concourent à sa production d'une manière puissante, et combinent leurs efforts synergiques pour les diriger vers le même but. Après que le tissu spongieux de l'urètre et du gland s'est fortement gonflé, le sphincter de l'anus se ferme exactement, les vésicules séminales se contractent, tout le plancher périnéal et notamment le releveur de l'anus, en se contractant aussi, font remonter ces organes avec la prostate, et en expriment le contenu; le sperme, en vertu de la direction des canaux éjaculateurs est versé dans l'urètre d'arrière en avant, au lieu d'être porté vers la vessie, et de là il est entraîné avec les sucs de la prostate, des glandes de Cowper, des follicules urétraux, et même dardé à une certaine distance, non seulement par les actions musculaires dont nous venons de parler, mais encore par celles des muscles bulbo-caverneux dont les contractions alternatives achèvent de vider le bulbe de l'urètre.

On ne peut guère préciser la quantité de sperme éjaculée ni la facilité que peut avoir cette liqueur à se former de nouveau et à provoquer la répétition du coït. L'une et l'autre varient beaucoup chez les différents sujets et selon les divers états de bien-être ou de fatigue, de santé ou de maladie, dans lesquels ils se trouvent. On ne doit donc exprimer à cet égard aucun principe absolu. Il en est de même pour la force avec laquelle le sperme est éjaculé : la faiblesse des contractions musculaires, un obstacle dans le canal de l'urètre peuvent empêcher la liqueur séminale d'être dardée dans les organes génitaux femelles; mais on sait que cette circonstance ne nuit pas à la fécondation ou du moins n'entraîne pas son impossibilité.

Le coït excite dans tout le corps une irradiation sensitive indéfinissable, une agitation extrême ; le pouls s'accélère, la respiration est laborieuse, etc., la plupart des phénomènes qui caractérisent les efforts violents se manifestent. Après l'éjaculation, lorsque le calme se rétablit, la verge diminue de volume et reste un peu douloureuse, l'érection disparaît bientôt complétement, enfin un sentiment de faiblesse, qui rend l'homme languissant, succède à cet état de spasme et se prolonge pendant un intervalle de temps variable.

La femme participe à cette agitation, à ces sensations voluptueuses, à cette

fatigue. Mais il existe, sous ce rapport, quelques différences entre les deux sexes.

En général, le sentiment voluptueux est plus prompt chez l'homme que chez la femme. Quant à la vivacité de cette sensation, s'il est vrai que, chez quelques femmes, elle soit bien moindre qu'elle ne l'est chez tous les hommes, on doit pourtant reconnaître qu'à cet égard beaucoup d'entre elles semblent ne le céder en rien à ces derniers.

Il n'en est pas de même de la fatigue qui accompagne la copulation. Elle paraît être plus grande chez l'homme que chez la femme, aussi celle-ci supporte-t-elle plus facilement la répétition du coït. On conçoit, en effet, que la turgescence ou l'espèce d'érection du vagin, les contractions par lesquelles ce canal embrasse la verge, l'excrétion du mucus qui s'échappe de ses follicules pour faciliter le coït, puissent entraîner moins d'épuisement que les actes correspondants chez l'homme, tels que l'érection de la verge, les contractions violentes de l'éjaculation, la perte surtout d'une humeur aussi importante que le sperme.

B. Union de l'œuf et du sperme.

La liqueur séminale, portée par le coït dans la profondeur des organes génitaux de la femme, doit bientôt s'unir à l'élément femelle de la reproduction. Lorsque cette union est accomplie, le grand acte de la fécondation est réalisé. Nous devrons chercher, plus tard, à déterminer quels moyens la nature emploie, après la copulation, pour porter l'œuf et le sperme au devant l'un de l'autre ; dans quel lieu et à quel moment la rencontre de ces éléments germinateurs peut s'opérer. Prouvons d'abord que cette rencontre elle-même constitue le phénomène de la *conception.*

La difficulté de constater la présence du sperme sur l'œuf, d'expliquer les moyens de transport de ce liquide dans l'étendue des voies génitales internes de la femme et des femelles des mammifères, a fait longtemps attribuer la conception à une influence purement dynamique. Encore de nos jours, Burdach (1) s'est posé comme le dernier et le plus ardent défenseur de cette opinion. Mais il est aussi difficile d'exprimer la nature réelle d'une telle influence que d'en préciser les limites. Sans doute, nous ne pouvons pas plus pénétrer l'essence de la conception que le mystère de la vie elle-même ; toutefois, nous pouvons exprimer que, dans cet acte, se réalise un fait organique semblable à ceux dont nous avons saisi déjà la manifestation dans les fonctions animales de l'individu.

Les expériences ont démontré que ni les phénomènes nerveux qui accompagnent la copulation, ni l'acte même du coït, ne sont indispensables à la fécondation. Une seule circonstance importe à l'accomplissement de cette fonction : la rencontre de l'œuf et du sperme doués encore de toute leur vitalité. Les fécondations artificielles, exécutées avec tant de soins par les observateurs du siècle dernier, et renouvelées de nos jours avec un égal succès chez les batraciens, les poissons et beaucoup d'animaux inférieurs, prouvent bien en effet que les actes concomitants, dont l'ensemble constitue le coït, sont loin d'être des conditions essentielles dans l'acte de la génération. Spallanzani (2) et Rossi (3) nous ont laissé des observations de

(1) *Traité de physiologie,* t. II, Paris, 1838.
(2) *Expér. pour servir à l'Hist. de la génération*, Paris, 1787. Exp. 173.
(3) *Opuscoli scelti di Milano*, t. V, p. 96.

fécondations artificielles, même chez le chien. Haighton (1), en liant l'une des trompes, chez des lapines, rendait la fécondation impossible de ce côté, bien que l'accouplement eût été accompagné de toutes les circonstances normales, et que les œufs du côté opposé eussent été fécondés. Enfin, dans l'espèce humaine, l'absence de tout sentiment voluptueux, surtout chez la femme, est loin d'être contraire à la fécondation. Les exemples de viol suivi de grossesse ne sont pas rares; dans plusieurs cas, la catalepsie, l'ivresse, le sommeil, le narcotisme n'ont pas empêché la conception d'avoir lieu. De la part de l'homme lui-même, la fécondation peut se faire, non seulement sans la moindre sensation voluptueuse, mais encore à la suite d'un coït douloureux, sans intromission parfaite du pénis dans le vagin, et, par conséquent, sans cette harmonie intime, dynamique et matérielle que l'on a regardée longtemps comme la condition essentielle d'une copulation féconde.

Ainsi donc, le contact matériel de l'œuf et du sperme est la seule condition qui soit vraiment nécessaire, indispensable pour assurer la conception. La fusion intime de ces deux éléments organisés et vivants est seule capable de produire le composé dans lequel se continuera la vitalité de l'un et de l'autre, c'est-à-dire de former le *germe* dont le développement donnera naissance à un individu nouveau.

En étudiant les divers éléments du sperme, nous avons démontré que la vapeur de ce liquide est impuissante à féconder l'ovule; que sa partie la plus fluide, celle qui passe à travers les filtres, n'a pas davantage le pouvoir d'exciter le développement de l'élément femelle; en un mot, que la liqueur séminale ne possède la propriété de féconder les œufs que si elle renferme des spermatozoïdes. Par conséquent, les spermatozoïdes seuls paraissent doués de la faculté de compléter les ovules, le contact matériel de ces corpuscules avec les œufs est toujours nécessaire à la formation du germe, et la fusion de ces deux éléments semble être la condition indispensable du développement du nouvel animal.

Si l'on examine, en effet, des œufs de mammifères, recueillis dans les trompes et sur lesquels s'observent les premiers phénomènes embryogéniques, non seulement on trouve toujours des spermatozoïdes dans la couche d'albumine entourant le jaune, mais encore on en rencontre jusqu'à la surface de la membrane vitelline qui semble elle-même se gonfler, dans les premiers moments de la fécondation, comme il arrive à la couche d'albumine qui enveloppe les œufs de grenouilles (2).

Bien plus, on peut déterminer, du moins chez quelques espèces animales, le mécanisme par lequel les spermatozoïdes pénètrent à travers l'enveloppe albumineuse de l'œuf, jusqu'à la surface du vitellus. Prévost et Dumas (3) ont découvert ce mode de pénétration, en teignant de matières colorantes le sperme dont ils arrosaiente ensuite des œufs de grenouilles. D'après leurs observations, la matière albumineuse qui entoure l'œuf est très hygrométrique : après quelques heures de séjour dans l'eau, elle augmente considérablement de volume en se laissant gonfler par la pénétration de ce liquide dans son épaisseur. Or, si l'on attend que ce gonflement soit complet, on a beau mettre les œufs en contact avec le sperme et les agiter dans cette liqueur, jamais on n'opère de fécondation : cela tient à ce que le sperme ne peut plus pénétrer à travers l'enveloppe albumineuse

(1) *Philos. Transact.* 1797, pl. I, p. 159.
(2) Voy. pl. I, fig. 4, 5, 6, 7, 8, 9.
(3) *Ann. des sc. nat.*, 1re série, t. II, p. 129.

qui est déjà saturée d'eau et a acquis, par cette saturation, le plus grand volume qu'elle puisse atteindre. Au contraire, si l'on met les œufs dans l'eau spermatisée au moment où ils viennent d'être pondus, ces œufs s'imbibent du liquide dans lequel ils sont plongés, le sperme pénètre par endosmose à travers l'albumine qui les entoure, de nombreux courants dirigés de dehors en dedans s'établissent avec rapidité à mesure que l'albumine se gonfle, et ces courants entraînent avec eux les spermatozoïdes jusqu'à la surface de la membrane vitelline, et même probablement à travers celle-ci jusque dans l'intérieur de l'œuf.

Ce phénomène remarquable, qui se produit chez les batraciens, ne peut-il pas s'accomplir de la même manière chez les mammifères, et, en général, chez tous les animaux à fécondation interne?

Il est vrai que, lorsque la fécondation se fait au sortir de l'ovaire ou dans le pavillon, comme cela peut avoir lieu chez ces derniers, l'œuf se trouve de prime abord en contact immédiat avec le sperme : mais, quand la rencontre des deux éléments germinateurs s'opère dans la trompe (ce que nous verrons bientôt être probablement le cas le plus ordinaire et pour ainsi dire normal), ne peut-il pas s'établir aussi, par endosmose, dans l'albumine qui alors enveloppe l'œuf, des courants plus ou moins nombreux destinés à porter les spermatozoïdes jusqu'au vitellus? Le liquide tubaire, la liqueur séminale elle-même, plus fluide chez les mammifères que chez les batraciens, ne suffisent-ils pas pour donner naissance à ces courants? D'ailleurs, cette explication ne fût-elle pas satisfaisante, qu'il n'en serait pas moins indubitable que le sperme et ses éléments solides pénètrent jusqu'à la surface de l'œuf : la certitude de cette pénétration résulte nettement de l'observation directe.

Le contact matériel des spermatozoïdes avec l'ovule, la nécessité de ce contact pour opérer la fécondation, ne peuvent donc faire l'objet d'aucun doute. Mais quelle est la nature de cette union? Quelle part prennent les spermatozoïdes dans la formation du germe, ou du nouvel être qui en proviendra? On ne peut faire à ce sujet que des hypothèses : toutefois, parmi ces hypothèses, il en est quelques unes dont l'observation peut démontrer positivement la fausseté il ; en est d'autres, au contraire, qui paraissent plus ou moins vraisemblables.

La plus ancienne opinion que les observateurs se soient formée sur le rôle des spermatozoïdes, est que, pendant la fécondation, ils pénètrent immédiatement dans l'œuf et s'y développent en une miniature de l'embryon. Émise par Leeuwenhoek, cette manière de voir jeta bientôt de nombreuses racines; elle fut successivement soutenue par Hartsœker, Boerhaave, Keil, Chr. Wolf, Lieutaud, etc. Andry alla même jusqu'à la présenter sous une forme tout à fait ridicule.

De nos jours, Prévost et Dumas (1) l'ont, pour ainsi dire, restaurée, en se bornant à admettre que le spermatozoïde est appelé à former, non pas tout l'animal futur, mais seulement son système nerveux. Lallemand (2) s'est aussi rangé à peu près à cette opinion : tandis que l'élément femelle, et notamment le vitellus, serait destiné à constituer la partie organique, digestive, intérieure du nouvel individu, l'élément mâle formerait le fond de son système nerveux et des organes de sa vie extérieure. Mais l'analogie éloignée de forme, qui existe entre le spermatozoïde

(1) *Ann. des sc. nat.*, 1re série, t. II.
(2) *Ann. des sc. nat.*, 2e série, t. XV, p. 281.

et les premiers linéaments des centres nerveux, ne suffit pas pour justifier une pareille supposition : en outre, si l'on étudie attentivement le développement de l'œuf, depuis le moment où il subit le contact des spermatozoïdes, jusqu'à celui où se manifestent les rudiments du cerveau et de la moelle, on peut se convaincre aisément que les uns ne proviennent pas directement des autres. L'observation microscopique attentive suffit pour trancher la question.

En renouvelant, du moins en partie, l'opinion des anciens sur le rôle des spermatozoïdes, Prévost et Dumas (1) leur avaient encore emprunté une autre erreur. Trompés par une apparence que produit, à la face interne de la membrane vitelline de l'œuf des oiseaux et des grenouilles, la présence de la vésicule germinative, avant la fécondation, ils admirent que cette membrane était percée d'une ouverture circulaire, et que cette ouverture, ménagée d'avance pour le passage du corpuscule spermatique, se refermait ensuite derrière lui, dès que celui-ci était entré dans l'œuf pour en opérer la fécondation. Plus tard, Barry (2) prétendit avoir remarqué, sur un œuf de lapine parfaitement mûr, une fente dans laquelle il crut même une fois avoir vu s'engager un spermatozoïde. Mais, outre que la pénétration d'un corpuscule spermatique dans le centre même de l'œuf ne suffirait pas pour prouver que ce corpuscule est destiné à y former, à lui seul, l'embryon ou son système nerveux, on doit opposer à ce fait douteux les observations contradictoires de Bischoff, Coste, Courty, et de tous les autres embryologistes qui affirment n'avoir jamais vu les spermatozoïdes pénétrer de cette manière dans le vitellus.

D'un autre côté, Bory Saint-Vincent a considéré, avons-nous dit (3), les spermatozoïdes comme de simples colporteurs du sperme, servant à mettre en contact avec l'ovule la liqueur séminale dont toute la surface de leur corps se trouve engluée. Mais le mode même de pénétration endosmotique du sperme, que nous avons mentionné, suffit pour renverser cette hypothèse. En effet, un liquide pur aurait pénétré, par endosmose, à travers l'albumen et la zone transparente, plus facilement encore que des particules solides, quelque ténues que soient ces dernières.

Le même naturaliste a supposé encore, ainsi que nous l'avons déjà vu, d'après une hypothèse émise d'abord par Vallisnieri, et reproduite tout récemment par Valentin et par Bischoff, que les spermatozoïdes ont pour fonction de maintenir, par la rapidité de leurs mouvements, la composition chimique du sperme. Certainement, si une hypothèse nous paraît dénuée de fondement, c'est celle-ci : car les mouvements des spermatozoïdes, cessant dès que le sperme pénètre à travers les couches albumineuses qui enveloppent l'œuf, il s'ensuivrait que leur rôle serait forcément interrompu au moment où il deviendrait le plus nécessaire.

J.-C. Mayer (4) a fait une autre supposition sur le même sujet. D'après lui, les spermatozoïdes seraient nécessaires pour conduire, par leurs mouvements de progression, la liqueur séminale, de la matrice dans toute la longueur des trompes et jusqu'aux ovaires. Nous verrons bientôt qu'en effet le mouvement des spermatozoïdes peut bien contribuer à faire rencontrer dans les trompes les éléments générateurs mâle et femelle : mais telle n'est pas, au fond, la destination de ces corpuscules mouvants. En effet, n'existent-ils pas aussi chez les batraciens, les poissons et tous

(1) *Ann. des sc. nat.* 1re série, 1824., t. II, p. 104.
(2) *Philos. Transact.* 1840, p. 532, 536.
(3) Voir plus haut, p. 123.
(4) *Rheinisch-medicinisches Correspondenzblatt*, 1842, n° 7, 8, 9.

les autres animaux à fécondation extérieure, chez lesquels le sperme est mis souvent, d'une manière directe et immédiate, en contact avec les ovules?

Nous devons donc rejeter toutes ces hypothèses sur le but final des spermatozoïdes, et nous en tenir à ce que nous avons déjà dit en décrivant les divers éléments du sperme. Les spermatozoïdes sont l'élément générateur mâle; probablement ils nous représentent une des formes sous lesquelles s'offre la matière germinative; arrivés dans l'œuf ou à sa surface, ils se fondent, se dissolvent, se mêlent avec l'élément générateur femelle (cicatricule chez les oiseaux, vitellus chez les mammifères), et de cette dissolution, de cette fusion intime, résulte une combinaison organique nouvelle, constituant le germe qui se développera en individu nouveau.

Puisqu'il y a, dans la formation du germe, fusion intime de l'élément générateur mâle avec l'élément générateur femelle, le produit doit participer à la fois de l'un et de l'autre, et l'individu nouveau doit ressembler à ses deux parents.

Mais, sous ce rapport, il existe des faits bien remarquables, et, en même temps, des particularités si diverses qu'on n'a pas encore pu formuler les lois physiologiques qui les régissent.

Ainsi, tandis que certains caractères de constitution, d'intelligence, d'éducation, de conformation organique, etc., se transmettent par la génération, il en est un grand nombre d'autres qui, tout en se présentant chez les parents dans les mêmes conditions que les premiers, ne se reproduisent pas néanmoins chez leurs enfants. Qui ne sait combien sont constantes quelques particularités de race dans nos animaux domestiques? Les mutilations même se sont transmises quelquefois par voie d'hérédité : telle est la brièveté de la queue, chez les chiens dont les parents avaient la queue coupée. Chez ces animaux, la transmissibilité de l'éducation, et même du mode particulier d'aptitude que l'éducation a développé déjà, n'est pas moins remarquable. Chez l'homme lui-même, non seulement la constitution physique, mais encore les dispositions intellectuelles, et quelquefois jusqu'à certaines difformités ou monstruosités, ont été transmises des parents aux enfants. D'un autre côté, les hommes monorchides font des garçons pourvus de deux testicules; certains peuples détruisent le prépuce depuis des milliers d'années, et cela n'empêche pas cet organe d'exister toujours chez leurs descendants; des parents simples d'esprit donnent souvent naissance à des hommes supérieurs en intelligence, et souvent aussi des intelligences d'élite n'ont légué à leurs enfants d'autre héritage qu'un esprit borné (1).

Le génie et la beauté parfaite ne sont pas plus héréditaires que la dégradation physique et morale. Entre ces extrêmes, qui sont toujours rares relativement au nombre total des individus d'une seule espèce, on voit toujours osciller la représentation de l'espèce elle-même qui tend à maintenir son type et à le ramener à ses proportions moyennes, en même temps qu'elle cherche à le réaliser complétement. Néanmoins, on ne saurait en conclure que les caractères de l'espèce se transmettent seuls des parents aux enfants; la transmissibilité s'applique également aux caractères de variété, de race, d'individu ou de famille. Quand la transmission n'est pas directe, elle se fait d'une manière latente : la structure organique des parents, sans atteindre le même degré de manifestation que chez eux, n'en existe pas moins chez les enfants, disposée à se développer chez ces derniers, ou à se transmettre d'abord pour ne se

(1) Voir BURDACH, *Traité de physiologie*, t. II, p. 244 et suiv. Paris, 1838.

développer que dans les seconds descendants. S'il n'y a pas héritage des caractères paternels, il y a donc au moins aptitude à en hériter, disposition à les reproduire, et toujours transmission de cette aptitude à de nouveaux descendants, chez lesquels ces mêmes caractères se manifesteront tôt ou tard. Ainsi nous voyons maintes fois des qualités organiques et vitales rester à l'état latent dans une ou plusieurs générations, et se manifester de nouveau dans les générations subséquentes. Girou de Buzareingues (1) a observé, par exemple, que des animaux blancs, dont les parents étaient mouchetés, font souvent des petits mouchetés. Fréquemment, dans l'espèce humaine, les enfants ont plus de ressemblance physique et morale avec leurs aïeux qu'avec leurs parents.

L'observation des extrêmes, la remarque de l'absence de manifestations héréditaires dans un certain nombre de cas, ont pu faire croire à quelques philosophes que la ressemblance des enfants avec leurs parents dépendait moins de l'hérédité que de l'éducation, de l'imitation et d'autres circonstances extérieures analogues. Mais, en réalité, l'hérédité seule a plus d'empire sur la constitution et le caractère que n'en ont toutes les influences venues du dehors. En effet, n'oublions pas que souvent l'hérédité transmet seulement la prédisposition à une ou plusieurs qualités qui n'apparaissent elles-mêmes que dans la génération suivante ; et qu'en général, eu égard à la constitution, aux caractères organiques et intellectuels, et même sous le rapport des maladies, les parents donnent moins à leurs enfants ce qu'eux-mêmes sont, que la disposition à devenir ce qu'eux-mêmes sont devenus.

Il ne suffit pas d'exprimer ainsi le fait de l'hérédité, il faudrait encore poser des principes qui permissent de déterminer à quels produits tels parents devront donner naissance. Mais, pour cela, il faudrait connaître les circonstances qui déterminent les caractères de la progéniture, savoir quelles qualités sont propagées du père ou de la mère à l'enfant, et quelle influence l'un ou l'autre parent peut avoir sur le sexe de celui-ci, pénétrer enfin la cause même de la sexualité, et dire en vertu de quelle disposition primitive du germe, l'embryon commence à revêtir bientôt les caractères qui rattacheront plus tard l'individu nouveau à l'un ou à l'autre sexe. Or, une grande obscurité règne encore sur toutes ces questions ; pour la plupart d'entre elles, les expériences font défaut. Est-il même certain que des expériences puissent en déterminer la solution? C'est ce qu'on ne saurait décider.

La constitution des parents, l'état physique dans lequel ils se trouvent, leur âge, la différence entre l'âge de l'un et l'âge de l'autre, sont, sans doute, autant de circonstances dont l'action sur le produit doit se faire sentir ; mais l'influence qu'elles exercent est encore mal appréciée.

Les enfants tiennent, en général, des qualités du père et de celles de la mère ; il en est de même des bâtards chez les animaux. Cependant, dans certaines espèces, le produit ressemble physiquement davantage au père, dans d'autres à la mère ; d'un autre côté, certains instincts paraissent transmis plus facilement, dans quelques espèces, par le père, dans d'autres par la mère. Les croisements de race de nos animaux domestiques et d'un grand nombre d'oiseaux sont des sujets féconds d'observations en ce genre.

Relativement à la différence des caractères organiques que présentent des individus de sexe différent produits par les mêmes parents, on peut dire que, chez certains animaux, par exemple chez la plupart des oiseaux, les sexes pareils influent

(1) *De la génération*, p. 118. Paris, 1828. Voy. aussi *Ann. des sc. nat.*, 1re série, t. V, p. 21. — T. VIII, p. 108. — T. X, p. 145, 314. — T. XIII, p. 134. — T. XV, p. 131. — T. XIX, p. 353.

l'un sur l'autre : le jeune mâle ressemble davantage au père, et la jeune femelle à la mère. Mais il est plus commun encore de voir les parents agir sur le sexe opposé au leur, parmi les produits de leur union. Girou de Buzareingues (1) a confirmé ce principe par ses observations sur les mulets, les chiens, les taureaux, les agneaux, et les chats ; on en voit aussi de nombreux exemples dans l'espèce humaine. Enfin on a souvent remarqué que les petits ressemblent à leurs aïeux de même sexe : ainsi un jeune mâle, dont le père ressemblait à sa mère, a lui-même de la ressemblance avec le père de son père.

Quant à l'appréciation des circonstances qui déterminent le sexe lui-même, elle est bien plus difficile. On ne peut admettre aujourd'hui, avec Ackermann (2), Geoffroy Saint-Hilaire (3) et quelques autres, que cette détermination soit le résultat d'actions physiques ou organiques postérieures à la conception. Coste (4), interprétant savamment les belles observations de Schirack et d'Huber sur les abeilles, a démontré que le sexe réside déjà dans l'œuf fécondé, avant l'apparition d'aucun phénomène embryogénique, et que, par conséquent, aucune circonstance ultérieure ne saurait influer sur la nature du sexe ou transformer l'un des sexes en l'autre. La prétendue influence du testicule droit ou du testicule gauche, de l'ovaire droit ou de l'ovaire gauche, sur la production des garçons ou des filles, est encore moins admissible. On doit donc faire dépendre le sexe de l'enfant de l'influence prépondérante que le père ou la mère exerce sur sa formation, plutôt que de toute autre cause. Mais encore les résultats des recherches auxquelles on s'est livré sur les signes de cette prépondérance, et la relation qui existe entre eux et la nature des rejetons, sont-ils si contradictoires (5), que la plus grande incertitude n'a pas cessé de régner sur la solution de cet intéressant problème. On sait seulement d'une manière positive que, sur l'ensemble des naissances dans l'espèce humaine, le nombre des femelles et celui des mâles ne se compensent pas : en effet, le rapport des naissances masculines aux naissances féminines est à peu près celui de 104 à 105.

Enfin, s'il est vrai que les circonstances extérieures soient sans influence sur les résultats de la fécondation, sur la constitution du germe et le sexe de l'enfant, il n'en est probablement pas de même eu égard à la vertu reproductive considérée en elle-même. Sous ce rapport, comme sous plusieurs autres, l'espèce humaine tient par des liens visibles aux autres espèces animales. Ainsi, d'après les observations de Villermé (6), le nombre des conceptions est plus considérable en hiver et au printemps, qu'en mars qui est un temps de jeûne, et en juillet où la chaleur semble diminuer la fécondité.

C. Lieu dans lequel s'opère la fécondation.

Déterminer le lieu dans lequel s'opère la fécondation, est le dernier problème que nous ayons à examiner dans l'histoire de cet acte physiologique : c'est aussi un de ceux dont la solution est aujourd'hui la plus facile.

On sait d'abord que le sperme *peut* pénétrer jusqu'à l'ovaire. Non seulement plusieurs observateurs des siècles derniers, frappés de l'existence des grossesses

(1) *De la génération*, p. 119, 123. Paris, 1828.
(2) *Infantis androgyni historia*, p. 53.
(3) *Philos. anat.* t. II. *Des monstruosités humaines*, p. 359. Paris, 1823.
(4) *Hist. gén. et part. du dévelop. des corps organisés*. Discours préliminaire, p. 31.
(5) Voy. BURDACH, *Physiologie*, t. II, p. 273.
(6) *De la distribution par mois des conceptions et des naissances chez l'homme*, dans les *Ann. des sc. nat.* 1re série, t. XXIV, p. 130.

abdominales et ovariques, admirent cette possibilité, mais encore ils pensèrent que l'ovaire était le siége de la conception et même attribuèrent au contact du sperme la chute de l'œuf et sa fécondation. Ainsi naquit une opinion opposée à celle que l'antiquité avait professée sur le même sujet; car Aristote, Hippocrate, Galien, faisaient de l'utérus le siége de la fécondation, et, à une époque peu éloignée de la nôtre, Harvey (1), Buffon (2), Darwin (3), exprimaient encore la même croyance. Aujourd'hui, la conception au niveau de l'ovaire est regardée comme exceptionnelle : toutefois, rapprochée de l'existence des grossesses tubaires et interstitielles, elle nous indique que la fécondation peut se faire non seulement dans la matrice, mais dans toute la longueur des trompes, dans les franges du pavillon, et jusque sur l'ovaire. La présence du sperme, constatée également sur tous ces points, à l'aide du microscope, a levé d'ailleurs toute espèce de doute à cet égard. Mais, en général, quand on trouve du sperme sur l'ovaire, on peut remarquer que le coït a précédé la rupture des vésicules de De Graaf.

Quel est donc le point dans lequel s'opère le plus souvent la rencontre des spermatozoïdes et des ovules? L'expérimentation seule pouvait répondre à cette demande. Voici les principales données qu'elle a fournies :

Coste (4), frappé de la découverte du remarquable phénomène de la chute spontanée de l'œuf, exprima le premier l'opinion que l'ovaire n'était point le lieu exclusif de la conception; il professa, en même temps, que la fécondation est possible dans toute l'étendue des trompes utérines, et jusque dans la matrice. Ce même observateur, et, après lui, Wagner (5), Bischoff (6), Barry (7), tout en constatant la présence du sperme sur l'ovaire, se convainquirent de la rareté relative de ce fait, et surtout du temps qu'il met à s'accomplir. Quand on trouve du sperme sur les ovaires, c'est qu'en général le coït s'est fait à une époque où les vésicules de De Graaf ne sont pas encore rompues, et qu'un laps de temps assez long s'est écoulé entre la copulation et le moment des recherches. Ainsi, on trouve quelquefois du sperme sur l'ovaire, lorsqu'on sacrifie l'animal (chienne, lapine, etc.), 24, 36, 48 heures après l'accouplement; mais on n'en observe habituellement ni sur l'ovaire ni dans les trompes, lorsqu'on sacrifie l'animal 7 heures après le coït.

D'autre part, en ouvrant des lapines 24 heures après l'accouplement, on rencontre ordinairement plusieurs ovules dans chaque trompe; quelques uns de ces ovules sont même assez rapprochés de la corne utérine, et enfin ils sont tous fécondés. Si l'on remarque que le trajet des œufs, depuis l'ovaire jusqu'à l'utérus, dure plusieurs jours, on devra conclure que ces œufs devaient avoir quitté l'ovaire lorsqu'ils ont été fécondés, et qu'ils étaient déjà plus ou moins avancés dans la trompe quand ils ont été rencontrés par la liqueur séminale.

La trompe de Fallope paraît donc être véritablement le lieu d'élection destiné à voir s'opérer la fécondation. L'époque relative du rapprochement des sexes doit d'ailleurs faire varier le point de son trajet dans lequel elle s'accomplit, être cause qu'elle peut s'effectuer à diverses hauteurs. Mais, s'il n'est pas impossible qu'elle

(1) *Exercit. de generatione animalium*. Londres, 1651.
(2) *Hist. nat. gén. et part.* t. IV. Paris, 1769.
(3) *Zoonomie*, t. II, p. 250. Gand, 1812.
(4) *Embryogénie comparée*, p. 455. 1837.
(5) *Hist. de la génér. et du développ.*, p. 65. 1841.
(6) *Développ. de l'homme et des mammifères*, p. 21, Paris, 1843.
(7) *Philos. Transact.* 1839, p. 315.

ait lieu sur l'ovaire lui-même ou jusque dans la matrice, le point intermédiaire à ces deux extrêmes paraît être, pour ainsi dire, le lieu normal de la conception. Nous admettons donc, avec Courty (1), Coste et la plupart des embryologistes qui se rangent aujourd'hui à cette opinion, que, chez la femme, comme chez les femelles des mammifères, *la conception s'accomplit normalement dans la trompe, et, probablement, vers le milieu de ce canal vecteur.*

Nous avons déjà justifié cette décision : cependant, il nous faut ajouter quelques mots pour réfuter un petit nombre de physiologistes qui veulent encore placer le siége exclusif de la fécondation, les uns dans l'utérus et les points tubaires qui l'avoisinent, les autres dans les ovaires.

Pouchet (2), en exagérant l'importance d'un principe vrai (le principe de la chute spontanée de l'œuf), en est venu à défendre la première opinion et à soutenir que le lieu de réunion des ovules et du sperme est évidemment et incontestablement la cavité de l'utérus ou ses environs. Il admet que jamais un seul zoosperme n'arrive ni sur l'ovaire, ni dans les franges, ni même à la partie moyenne des trompes de Fallope. Selon lui, à l'époque du rut et probablement durant tout l'âge où la conception est possible, chez les mammifères, l'intérieur de ces canaux serait rempli, depuis les pavillons jusqu'à environ 20 ou 25 millimètres de l'utérus, d'un mucus compacte, blanc jaunâtre, formé de globules microscopiques diaphanes, ovoïdes, très serrés les uns contre les autres, pleins eux-mêmes de granulations excessivement fines. Ce mucus opposerait au sperme une barrière insurmontable, l'empêchant de jamais franchir l'espace qu'il occupe dans les trompes, ce qui lui a fait donner, par Pouchet, le nom de mucus infranchissable. Mais, nous devons le dire, nous n'avons jamais rencontré ce mucus, tandis que nous avons eu fréquemment l'occasion de constater la présence du sperme dans la partie supérieure des trompes et de trouver, dans le même point, des ovules déjà fécondés. Nos recherches ont été, sous ce rapport, pleinement confirmatives de celles de Coste, Wagner, Bischoff, Barry, Courty, dont nous parlions tout à l'heure.

L'opinion inverse, d'après laquelle la fécondation se ferait seulement à l'ovaire, ne peut s'appuyer que sur l'existence des grossesses ovariques et sur l'instantanéité de la conception. Voyons ce qu'il faut penser de ces deux faits ou plutôt de ces deux hypothèses.

Si l'on songe à la difficulté qu'il y a à déterminer le siége précis d'une grossesse extra-utérine, on sera près de douter qu'il ait jamais existé une grossesse ovarique proprement dite. Le récit du petit nombre de cas de ce genre que possède la science laisse beaucoup à désirer, et Velpeau (3) avoue avoir commis, à ce sujet, des méprises qui l'ont rendu très circonspect sur la détermination du siége exact de ce genre de grossesses. Toutefois, nous pensons que l'œuf peut se développer, sinon dans l'ovaire, au moins à la surface de cet organe. Le sperme pouvant évidemment arriver jusqu'à ce dernier, on conçoit qu'une position vicieuse de l'ovule puisse déterminer sa fécondation à la surface même de l'ovaire et devenir la cause d'une grossesse ovarique : en effet, si l'ovule est situé au fond de la vésicule de De Graaf, au lieu d'être à sa superficie, ne peut-il pas rester fixé au disque granuleux, après la rupture de cette vésicule et l'écoulement de son liquide, et, s'il est fécondé, poursuivre, dans ce point même, les diverses périodes de son développement? Mais

(1) *De l'œuf et de son développement, etc.*, p. 77.
(2) *Théorie positive de l'ovulation spontanée, etc.*, p, 371.
(3) *Traité des accouchements*, t. I, p. 214. Paris, 1835.

ce cas, s'il existe, est éminemment exceptionnel, et par suite peut-il infirmer en rien ce que nous avons dit du lieu de la fécondation, et prouver que ce lieu est l'ovaire ?

L'instantanéité de la conception est aujourd'hui moins acceptable encore que l'existence des grossesses ovariques. Presque tous les auteurs ont admis, jusqu'à nos jours, que les grossesses extra-utérines, et surtout les grossesses abdominales, étaient produites par quelque sensation extraordinaire, par quelque frayeur, qui troublait toute l'économie et dérangeait principalement l'action des organes génitaux. Astruc paraissait n'en pas douter. Marc (1), Lallemand (2), Velpeau (3), ont professé la même opinion. Dans cette hypothèse, la frayeur agirait sur les organes générateurs immédiatement après le coït, probablement en faisant cesser l'état d'orgasme qui maintenait les franges des trompes appliquées contre l'ovaire. L'ovule devait être fécondé quand il est tombé dans la cavité du péritoine, et néanmoins les émotions auxquelles on attribue l'accident seraient survenues immédiatement après le coït; d'où il faudrait conclure que la fécondation est un phénomène très rapide, presque instantané dans l'espèce humaine (4). Mais ne peut-on pas donner de ce fait une explication plus probable, et plus conforme à la théorie actuelle de la génération ? Est-il nécessaire de supposer que l'œuf a été fécondé instantanément ? N'est-il pas possible que, tombé dans l'abdomen au moment de l'effroi, il y ait été fécondé plus tard par le sperme, qui a dû n'arriver auprès de lui que plusieurs heures après? N'est-il pas encore plus présumable que, se trouvant déjà dans la trompe et pouvant y être bientôt fécondé, il aura rétrogradé par l'effet d'un mouvement antipéristaltique imprimé à ce canal par le trouble nerveux, et qu'il aura été porté du côté opposé à l'utérus jusque dans la cavité abdominale ? Telle est aussi l'opinion de Courty (5) et de Pouchet (6).

Puisque la rencontre de l'œuf et du sperme se fait normalement dans la trompe, quels sont les agents de transport de ces deux éléments venant dans des directions opposées pour s'unir sur un même point ?

Rien de plus facile à expliquer que le *transport de l'œuf*, depuis l'ovaire jusqu'à l'utérus. En même temps que la vésicule de De Graaf arrive à maturité, le pavillon de la trompe se dresse, embrasse l'ovaire et en lèche, pour ainsi dire, la surface à l'aide des contractions dont la trompe tout entière et les franges mêmes du pavillon deviennent le siége. Quand la vésicule se rompt, l'œuf est donc recueilli immédiatement par l'extrémité de l'oviducte; puis ce tube devient le siége de contractions lentes, péristaltiques, semblables à celles de l'intestin et se dirigeant de l'ovaire vers la matrice où elles finissent par amener l'ovule.

L'impulsion imprimée à l'œuf par les contractions des trompes ne paraît pas d'ailleurs être la seule qui tende à transporter ce produit de l'ovaire dans l'utérus. Il faut y ajouter celle qui résulte de l'action des cils vibratiles dont la muqueuse du pavillon et des trompes se trouve tapissée. Non seulement Henle (7) a reconnu l'existence de l'épithélium vibratile à la surface des franges du pavillon, chez la

(1) *Dict. des sc. méd.*, t. XIX, p. 399.
(2) *Observations pathologiques propres à éclairer plusieurs points de physiologie.* 2e édit., Paris, 1825.
(3) *Traité complet de l'art des accouch.*, t. I, p. 224.
(4) LALLEMAND. *Pertes séminales*, t. II, p. 522. Paris, 1843.
(5) *Ouv. cit.*, p. 80.
(6) *Ouv. cit.*, p. 429.
(7) *Müller's Archiv.* 1838, p. 114.

femme, mais encore, avec lui, Purkinje et Valentin (1), Bischoff (2), Pouchet (3) ont reconnu, chez les animaux, que les cils de cet épithélium ne se contractent jamais que dans un seul sens et dirigent toujours leurs mouvements de l'intérieur à l'extérieur, de manière à entraîner l'ovule au dehors par leur action incessante.

Les actions qui déterminent le *transport du sperme* dans la matrice, dans la trompe et jusqu'à l'ovaire, sont plus nombreuses, plus efficaces, puisque ce transport est plus prompt que celui de l'ovule : mais elles sont aussi plus difficiles à déterminer que celles dont dépend la progression de l'œuf. Nous ne pouvons, avec J. Müller (4), compter au nombre de ces actions celle des cils vibratiles, car nous venons de voir que leur mouvement a toujours lieu dans un sens inverse de celui que suit le sperme dans sa progression. Quant au mouvement propre des spermatozoïdes, quoique Henle (5) ait mesuré le chemin qu'ils peuvent parcourir dans un temps donné, on ne saurait leur attribuer une aussi grande part, que le fait cet observateur, dans la marche active du sperme de l'extérieur vers l'intérieur.

Blundell (6), Bischoff (7) ont regardé comme contribuant puissamment à l'ascension du sperme, les mouvements propres de la matrice et des trompes, qu'ils ont vus s'exécuter avec une grande vivacité chez des chiennes et des lapines vivantes ou récemment tuées. Ces mouvements ne seraient point à proprement parler péristaltiques, mais se dirigeraient immédiatement vers l'ovaire et ressembleraient à un élan de la trompe vers cet organe. Courty (8) croit à la possibilité de contractions antipéristaltiques existant temporairement dans la trompe et l'emportant momentanément sur celles qui dirigent l'œuf vers la matrice.

Les anciens avaient attribué le phénomène à une sorte de succion. De Graaf (9), Vallisnieri (10), Dionis (11), expriment cette opinion et regardent comme le signe probable d'un coït fécondant le contact du gland avec le museau de tanche. Haller (12), Gunther (13), Bischoff (14), supposent aussi à cette sorte d'aspiration une grande influence sur le transport du sperme. Enfin, Pouchet (15) fait résider en elle seule la cause de l'ascension de la liqueur fécondante. Selon ce dernier auteur, le spasme convulsif qui s'empare des organes génitaux de la femme au moment du coït, en contractant énergiquement l'utérus et les trompes, tend à diminuer la capacité de ces organes, à l'effacer, de manière que, durant son action, le mucus qu'ils contiennent se trouve totalement expulsé. Puis, quand le spasme cesse, l'utérus et les trompes, se dilatant, redonnent à leur cavité l'ampleur accoutumée, et le fluide séminal, versé dans le vagin, est en partie aspiré par l'utérus et par les trompes.

Assurément, ce dernier mode d'action des organes génitaux peut avoir une grande influence sur la marche du sperme : mais est-il seul à déterminer l'ascension de ce

(1) *De motu vibratorio*, p. 51. *Müller's Archiv*. 1834, p. 392.
(2) *Développ. de l'homme et des mammifères*, p. 25. Paris, 1843.
(3) *Théorie positive, etc.*, p. 151. Paris, 1847.
(4) *Manuel de physiologie*, t. II, p. 629. Paris, 1845.
(5) *Anat. génér.*, t. II, p. 533. Paris, 1843.
(6) *Researches physiol. and pathol.*, p. 54. Londres, 1824.
(7) *Développ. de l'homme et des mamm.*, p. 25, 563.
(8) *Ouv. cit.*, p. 84.
(9) *De mulierum organis*. C. V, p. 153.
(10) *Historia della generazione*. Venise, 1721.
(11) *Traité général des accouchements*. Paris, 1718.
(12) *Elementa physiologiæ*, t. VIII, p. 21.
(13) *Untersuchungen und Erfahrungen im Gebiete der Anatomie*, etc. Hanovre, 1837.
(14) *Ouv. cit.*, p. 24.
(15) *Ouv. cit.*, p. 387.

liquide? Il est permis d'en douter. On sait que l'immense majorité des femmes n'accuse aucun sentiment qui dépende d'une aspiration aussi énergique, et qui puisse constituer un signe certain d'imprégnation. On connaît la grande fécondité de certaines femmes très froides, les nombreux exemples de coït fécondant malgré des circonstances qui auraient dû le rendre infécond, comme il arrive dans les cas de viol, ou lorsque la femme est dans un état de catalepsie, d'ivresse, de sommeil, de narcotisme. Enfin, on n'ignore point qu'il est des cas où l'éjaculation extérieure, c'est-à-dire à l'orifice même de la vulve ou au-devant d'une membrane hymen restée intacte, a suffi pour assurer la conception, d'où, par conséquent, la nécessité d'une aspiration encore bien plus considérable, même de la part du vagin. Sans éclairer davantage la question sur le vrai mode de progression du sperme, ces exemples prouvent que cette progression est souvent assurée par des agents organiques dont la puissance a le droit de nous étonner.

III. DU DÉVELOPPEMENT.

Nous avons vu comment l'ovule se forme dans l'ovaire de la femme ; comment, une fois arrivé à maturité, il est expulsé de la vésicule de De Graaf et recueilli dans la trompe ; comment enfin il chemine, dans ce canal membraneux, à la rencontre du sperme. Nous avons aussi exposé le mode de formation des spermatozoïdes, leur évolution dans les canaux spermatiques et dans la liqueur séminale, leur excrétion et leur introduction dans la profondeur des voies génitales femelles. Enfin, nous avons reconnu que de l'union intime de ces deux éléments reproducteurs résulte le germe, et que, du développement ultérieur de ce germe, de l'évolution de l'œuf fécondé, provient l'embryon, première ébauche de l'individu nouveau qui est destiné à perpétuer l'espèce. Pour compléter l'exposition des phénomènes de la reproduction de l'homme, il nous faut donc maintenant tracer l'histoire du développement de l'œuf, et décrire les principaux faits relatifs à la formation de l'embryon qui se développe dans cet œuf.

Il est bien entendu qu'on n'a pas pu étudier, dans l'espèce humaine, toutes les périodes des formations embryonnaires et encore moins les diverses époques du développement de l'œuf. Trop souvent même on est tombé dans les plus graves erreurs en inscrivant, dans les ouvrages d'embryologie, des sortes de monstruosités ou des altérations pathologiques de l'embryon comme autant de termes de son développement normal. On ne peut avoir des notions positives sur les divers états de l'œuf humain, à ses divers âges, que par l'ouverture d'utérus gravides, provenant surtout de femmes qui ont succombé à une mort violente. Les produits d'avortement peuvent aussi être utilisés pour l'étude : seulement il ne faut jamais les prendre pour types d'un état normal, à moins qu'ils ne concordent parfaitement avec les produits qu'on rencontre dans la matrice, ou avec quelques unes des formes de développement observées chez les mammifères.

Les premières connaissances exactes, sur le développement de l'œuf et sur celui de l'embryon, sont dues à l'étude approfondie de l'ovologie des oiseaux. S'il y a bien des dissemblances entre les oiseaux et les mammifères, sous ce rapport comme sous bien d'autres, il y a aussi entre eux de nombreuses identités. Les oiseaux et les mammifères appartiennent, comme l'homme, à la grande division des vertébrés; de là, des points communs, ou, pour mieux dire, une époque commune dans l'his-

toire du développement des uns et des autres; de là, par conséquent, des applications multipliées de l'ovologie et de l'embryologie des oiseaux à l'ovologie et à l'embryologie de l'homme.

Des mammifères à l'homme la distance est bien moindre que de l'homme aux oiseaux. Aussi, comme l'étude de l'ovologie des mammifères a mérité, par les nombreuses acquisitions dont elle s'est enrichie depuis vingt ans, d'être regardée comme complète en beaucoup de points, celle de l'ovologie humaine a accompli, par ce seul fait, de précieux progrès. Les identités reconnues, entre certaines époques du développement de l'homme et les époques semblables du développement des mammifères, entre des termes correspondants qu'on avait pu étudier chez les uns et chez l'autre, ont permis de présumer ce qui était encore ignoré pour l'espèce humaine; et, il faut le reconnaître, la plupart de ces présomptions ont été vérifiées ou se vérifient tous les jours, à mesure qu'il nous est donné d'observer de nouveaux faits d'embryologie humaine, à mesure que nous mettons plus de science et plus de sévérité dans leur interprétation.

L'histoire de l'ovologie des oiseaux, celle de l'ovologie des mammifères et les faits nombreux d'ovologie humaine normale nous permettent donc, en s'éclairant mutuellement, d'écrire aujourd'hui une histoire du développement de l'œuf et de l'embryon dans l'espèce humaine, presque aussi complète que celle qui résumerait les observations ou les expériences les plus nombreuses qu'on pourrait entreprendre sur la reproduction de l'homme.

A. Développement de l'œuf fécondé.

Les premières époques du développement de l'*œuf humain* sont les seules pour lesquelles l'observation directe nous fasse encore défaut. On connaît bien les diverses membranes qui enveloppent l'œuf dans l'utérus, la manière dont elles se forment, leurs usages; mais on n'a jamais rencontré l'œuf dans la trompe, ni peut-être même dans la matrice, au moment de son arrivée. Toutefois, les rapports intimes qui existent entre l'espèce humaine et les espèces mammifères, telles que la lapine, la brebis, la chienne, sur lesquelles on a fait des observations relatives à l'œuf dans l'ovaire et aux premiers développements de l'œuf dans la matrice, permettent de supposer qu'il n'y a pas moins de ressemblance entre celles-ci et celle-là, pour ce qui concerne les premiers phénomènes du développement de l'œuf dans la trompe. C'est par la description de ces premiers phénomènes que nous devons commencer l'histoire du développement de l'œuf.

Premiers développements de l'Œuf humain dans la trompe. — Segmentation du Vitellus. — Formation du Blastoderme.

Nous avons décrit l'œuf, dans l'ovaire, et la manière dont il s'échappe de cet organe, après la rupture de la vésicule de De Graaf. On a vu qu'il se compose alors d'une enveloppe externe, appelée *zone transparente* ou *membrane vitelline*, d'une masse granuleuse, plus ou moins opaque, connue sous le nom de *vitellus*, et d'une vésicule fort ténue, diaphane, dite *vésicule germinative*. Que deviennent chacun de ces éléments, lorsque l'œuf a quitté la vésicule de De Graaf? Par quelles séries d'évolu-

tions successives doivent-ils passer, après la fécondation, pour donner lieu au développement d'un être nouveau?

Et d'abord, la *vésicule germinative* a disparu, lorsque l'œuf a quitté l'ovaire. On a fait jouer jusqu'ici un grand rôle à cet élément organique, dont la tâche paraît au contraire terminée dès que l'œuf a acquis son développement intra-ovarique, et dont la part semble être nulle dans l'acte de la fécondation. Purkinje (1), en découvrant cette vésicule dans l'œuf de l'oiseau, la regarda comme le véritable germe femelle et lui imposa, conséquemment, le nom sous lequel on la connaît : de sa rupture et de la combinaison de son contenu avec la cicatricule, résulterait, d'après lui, ce qu'il appelle le *colliquamentum*, dont les granules blancs seraient les premiers éléments du germe. E. de Baer (2), sans déterminer quelles parties elle formait directement, attribua néanmoins à la vésicule germinative, comme l'avait fait Purkinje, la fonction la plus importante dans le phénomène de la reproduction. Ce que Purkinje et Baer avaient donné d'importance à la vésicule du germe, Wagner (3), et plus tard Barry (4) et Vogt (5), le reportèrent aux taches germinatives. Bergmann (6), d'un autre côté, sans être aussi absolu, émit l'idée que ces taches sont la cause déterminante d'un phénomène de premier ordre dans le développement du germe, phénomène que nous aurons à étudier bientôt sous le nom de *segmentation*.

Pour Schwann (7) au contraire, qui eut le premier l'ingénieuse idée de comparer l'œuf à une cellule, la vésicule germinative et la tache de même nom, devant être assimilées au *noyau* et au *nucléole* de toute autre cellule, sont des parties transitoires qui doivent s'évanouir après avoir servi de centre de formation, être résorbées à la manière des autres noyaux et nucléoles, et ne prendre, par conséquent, aucune part aux phénomènes ultérieurs dont l'œuf est le siége. Coste (8), sans partager les vues de Schwann sur le mode de formation cellulaire de l'ovule, considère aussi la disparition de la vésicule germinative comme le terme naturel de l'existence d'une partie qui a complétement épuisé son rôle.

Si l'on songe que la vésicule germinative disparaît dans l'œuf des femelles d'oiseaux qu'on a tenues séparées des mâles ; que, chez la plupart des poissons osseux et des batraciens anoures dont les œufs sont fécondés seulement après la ponte, la vésicule germinative a toujours disparu plus ou moins longtemps avant que le sperme n'ait touché ces œufs ; on sera bien convaincu que ce phénomène ne peut pas être attribué à la conception. Cette disparition ne paraît pas non plus se lier aux phénomènes dont l'œuf est le siége dans les premières époques du développement, c'est-à-dire à la segmentation du jaune et à la formation des sphères granuleuses.

En entrant dans l'oviducte, l'œuf entraîne avec lui une partie du disque granuleux ou proligère qui l'entourait dans la vésicule de De Graaf. Les granules de ce disque restent d'abord attachés autour de lui, d'une manière irrégulière ; mais

(1) *Symbola ad ovi avium....*, p. 3.
(2) *Lettre sur la formation de l'œuf.* Traduite par Breschet, p. 30, 57.
(3) *Prodromus historiæ generationis*, p. 5.
(4) *Philosophical Transact.* 1839. 1840, t. II, p. 529.
(5) *Embryologie des Salmones.* 1842, p. 37.
(6) *Müller's Archiv.* 1842, p. 98.
(7) *Mikroskopische Untersuchungen.* Berlin, 1839.
(8) *Hist. génér. et part. du développ. des corps organisés*, p. 147. Paris, 1847.

bientôt, soit qu'ils se dissocient spontanément ou sous l'influence du mouvement des cils vibratiles, soit qu'ils se dissolvent dans la liqueur tubaire, ils finissent par disparaître complétement.

Puis, à mesure qu'il chemine dans la trompe, *l'œuf s'entoure d'albumine.* Cette déposition, analogue à celle qui se fait en quantité bien plus considérable autour de l'œuf des oiseaux, s'opère par couches successives et excentriques, dont il est facile de reconnaître la stratification en examinant l'ovule au microscope (1). Aussi l'enveloppe albumineuse augmente-t-elle peu à peu d'épaisseur, et se trouve-t-elle parsemée de spermatozoïdes, quelquefois depuis son bord externe jusqu'à la membrane vitelline.

Mais, d'autres phénomènes bien plus importants vont se manifester : s'ils ne dépendent pas absolument de la fécondation, ils se lient du moins à elle d'une manière si immédiate, que leur cours commence à peine, et s'interrompt bien vite dans les œufs qui n'ont pas reçu l'influence vivifiante du sperme.

Segmentation du vitellus.

Une sorte de raccornissement ou de *retrait* s'opère d'abord dans le vitellus. La masse entière du jaune semble se condenser; un sillon, un espace vide ou rempli seulement de lymphe et privé de granules, trace une séparation nette et bien marquée entre le jaune et la membrane vitelline; un travail organique profond commence à agiter les éléments de cette masse, et semble la préparer aux modifications par lesquelles elle va préluder à une organisation nouvelle. Au milieu des nombreux granules dont elle est composée (2), on voit se former, d'une manière d'abord indécise mais bientôt de plus en plus nette, des vésicules de diverses grandeurs, renfermant elles-mêmes des granules dont quelques uns plus volumineux semblent tenir lieu de noyau; souvent même, pour ne pas dire toujours, quelques unes de ces vésicules s'échappent et viennent se placer dans l'intervalle que le vitellus a laissé, par son retrait, entre la membrane vitelline et sa propre masse (3). En même temps, une vésicule transparente, ou, tout au moins, un espace ovoïde plus clair, que l'on prendrait pour la vésicule germinative si l'on n'avait constaté antérieurement la disparition de celle-ci, commence à se manifester au centre de la masse vitelline. Il est assez difficile d'assigner à cette apparence, dont nous suivrons du reste les transformations, une signification de quelque valeur. Enfin une sorte d'échancrure se dessine sur le contour de la sphère du jaune : c'est le premier signe de segmentation (4).

La *segmentation* du jaune est un des plus curieux phénomènes d'organisation qu'il soit donné aux physiologistes de contempler. C'est le passage d'une sphère amorphe à une membrane organisée, dont un point devra se développer en embryon. Signalée d'abord chez la grenouille par Prévost et Dumas (5), qui regardèrent les sillonnements du vitellus comme la conséquence première de la fécondation, elle fut étudiée de nouveau, avec plus de soin, par Rusconi (6), Baumgaertner (7), de

(1) Voy. pl. I, *a*, fig. 4 à 9.
(2) Voy. pl. I, fig. 2, *j*.
(3) Voy. pl. I, fig. 4.
(4) Voy. pl. I, fig. 4.
(5) *Ann. des sc. nat.*, 1re série, t. II, p. 129.
(6) *Développement de la grenouille commune.* Milan, 1826.
(7) *Beobachtungen über die Nerven und das Blut*, p. 23. Fribourg, 1830.

Baer (1), Bergmann (2), Reichert (3) et Vogt (4) chez les batraciens. On l'observa encore sur les œufs d'un grand nombre d'animaux invertébrés (annelés, mollusques, zoophytes). Rusconi (5), Vogt (6), Coste (7), ont décrit et figuré la manière dont s'accomplit le même phénomène dans l'œuf des poissons osseux. Enfin Barry (8) découvrit la segmentation du vitellus chez les mammifères : après lui, Bischoff (9) et surtout Coste (10) l'ont étudiée d'une manière plus approfondie, et ont signalé les relations qui la rattachent aux faits antérieurs et aux phénomènes subséquents. Jusqu'à ces derniers temps, une série de classes animales semblait se soustraire à la loi de la segmentation du jaune de l'œuf : c'étaient les oiseaux, les reptiles écailleux, les poissons cartilagineux et les céphalopodes. Je dirai tout à l'heure comment ils rentrent aujourd'hui dans la règle commune. Voyons auparavant de quelle manière s'accomplit cet acte important chez les mammifères, et probablement aussi dans l'espèce humaine.

La sphère vitelline primitive (11) se divise spontanément en deux moitiés à peu près égales, et chacune de ces moitiés, immédiatement ramenée à la forme sphérique comme par un effet de rétraction de la viscosité qui tient unis tous ses granules, offre bientôt le même aspect et la même composition élémentaire que le tout dont elle émane (12). A peine cette première division est-elle accomplie, que déjà les deux sphères granuleuses secondaires, résultant de ce premier fractionnement, deviennent, à leur tour, le siége d'une segmentation semblable ; et que, le même travail se répétant pendant un certain temps sur chaque segment sphérique nouveau, le vitellus finit par se résoudre entièrement en un nombre plus ou moins considérable de sphères granuleuses, d'un volume progressivement décroissant, mais d'une nature toujours identique (13).

Au milieu de chaque sphère vitelline existe un globule diaphane, homogène, semblable à une goutte d'huile (14), et qui, d'après Coste (15), ne paraît pas sans influence sur la segmentation du jaune. En effet, avant toute division du jaune lui-même, ce globule graisseux ou muqueux, caché au sein des granulations de la sphère vitelline primitive, y subit un étranglement qui le divise en deux segments globuleux distincts. Chacun de ces segments semble devenir un centre d'attraction pour les granulations ambiantes dont il finit par s'envelopper et par former une nouvelle sphère vitelline. Puis, chaque segment sphérique de la sphère vitelline primitive, muni du globule oléagineux qui semble avoir provoqué sa séparation, devient, à son tour, le siége d'un travail semblable, c'est-à-dire que la division de son globule central amène celle de la sphère secondaire qui le contient, et ainsi de suite. Ce qui se passe là n'est pas sans analogie avec ce que nous avons vu avoir lieu

(1) *Müller's Archiv.* 1834, p. 481.
(2) *Müller's Archiv.* 1841, p. 89.
(3) *Müller's Archiv.* 1841, p. 523, et *Entwickelungsleben in Wirbelthierreich.* Berlin, 1840.
(4) *Untersuchungen über die Entwickelungsgeschichte von Alytes obstetricans.* 1842, p. 3.
(5) *Müller's Archiv.* 1836, p. 278. 1840, p. 185.
(6) *Embryologie des Salmones*, p. 29. Neufchâtel, 1842.
(7) *Hist. gén. et part. du développ. des corps organisés.* Planches. Paris, 1847.
(8) *Philos. Transact.* 1839, p. 324, 363 ; 1841, p. 536.
(9) *Développ. de l'homme et des mammifères*, p. 61.
(10) *Hist. gén. et part.* Planches, p. 60.
(11) Voy. pl. I, fig. 4, *j*.
(12) Pl. I, fig. 5.
(13) Voy. pl. I, fig. 6, 7, 8.
(14) Voy. pl. I, fig. 4, 5, 6, 7.
(15) *Ouv. cit.*, p. 65.

chez les animaux infusoires qui se reproduisent par scission (1). Bien plus, chaque globule graisseux central recèlerait lui-même, dans son intérieur, un globule générateur beaucoup plus petit, qui jouerait, par rapport au globule graisseux, le même rôle que ce dernier remplit à l'égard des sphères vitellines.

Ces amas sphériques granuleux, qui vont se divisant en segments de plus en plus petits, ne paraissent posséder aucune enveloppe. Ce ne sont pas des globules proprement dits, encore moins des vésicules ou des cellules, ces dernières dénominations impliquant l'idée d'une enveloppe solide et d'un contenu liquide. Aussi Coste, les regardant comme une forme distincte, dans laquelle apparaît un premier acte d'individualisation, une sorte de manifestation première de la vie, leur a-t-il donné le nom de *sphères organiques*. Cette opinion diffère entièrement de celle de Barry et de Bergmann qui avaient cru reconnaître à ces sphères une membrane enveloppante, et surtout de celle de Reichert (2) qui ne voyait, dans le phénomène de la segmentation, qu'une sorte d'illusion produite par la mise en liberté de vésicules préexistantes, emboîtées les unes dans les autres.

Tel est le phénomène de la segmentation chez les mammifères. Dernièrement, Coste (3) a découvert que ce phénomène existe aussi chez les oiseaux, les reptiles écailleux et les poissons cartilagineux, chez lesquels jusqu'ici il s'était dérobé à l'observation, et qu'ainsi on peut le regarder comme un fait commun à tous les animaux. Mais il y a cette différence entre les uns et les autres, que, chez ces derniers, au lieu d'atteindre l'œuf en entier, la segmentation porte seulement sur une partie de l'œuf, à savoir, *la cicatricule*. Il en est de même chez les mollusques céphalopodes. Dans les figures de l'ouvrage de Kœlliker (4), où nous saisissons des traces de cette segmentation, nous nous apercevons de prime abord que le sillonnement n'atteint qu'une minime partie de l'œuf, située vers le petit bout et un peu sur le côté. Si l'on s'en tient aux dessins de Kœlliker, le mode d'après lequel se ferait la segmentation chez les céphalopodes, ressemble d'ailleurs parfaitement à celui que Coste a signalé chez les oiseaux, les reptiles écailleux et les poissons cartilagineux. Nous nous sommes assuré de cette ressemblance, en la vérifiant sur les pièces de Coste et sur les dessins qu'il a publiés d'après ces pièces. Aussi, quoique Kœlliker n'en dise rien, il est à présumer que la portion de l'œuf, qui, chez les céphalopodes, devient le siége unique de la segmentation, est une véritable cicatricule. Si la cicatricule, chez les céphalopodes, ne se distingue pas aussi facilement du reste de l'œuf que chez les vertébrés qui en ont une dont l'aspect, la couleur et toutes les apparences extérieures tranchent sur le vitellus, du moins elle paraît, par sa structure, être semblable à la cicatricule de ces vertébrés et remplir les mêmes fonctions.

Ces données sont, comme on va le voir, de nature à modifier l'opinion que les ovologistes se font de la cicatricule, et à changer les termes de la comparaison qu'ils établissent entre les œufs de tous les animaux, notamment entre les œufs d'oiseaux et les œufs de mammifères.

La découverte de la vésicule germinative, faite par Coste dans l'œuf des mammi-

(1) Voy. ci-dessus, p. 37.
(2) *Müller's Archiv*. 1841, p. 523.
(3) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*. Paris, 1848.
(4) *Entwickelungsgeschichte der Cephalopoden*. Zurich, 1844.

fères, parut donner d'abord la vraie signification de cet œuf que de Baer avait trouvé, mais qu'il n'avait pas su interpréter. Elle fit assimiler cet œuf à celui de l'oiseau, et ce fut un grand pas en ovologie que l'établissement de cette similitude. Dans la comparaison des œufs des oiseaux avec ceux des mammifères et des autres animaux, trois éléments analogues semblaient se rencontrer toujours dans les uns et les autres : la membrane vitelline, le vitellus, la vésicule germinative.

Cependant, là n'était pas toute la vérité. L'œuf des oiseaux, des reptiles écailleux, des poissons cartilagineux et des céphalopodes, ressemble à l'œuf de l'homme, des mammifères et de la majorité des espèces animales, en ce qu'il renferme les mêmes parties essentielles que celui-ci, les trois éléments que nous venons de nommer; mais il en diffère en ce qu'il contient un autre élément qui ne se retrouve pas dans l'œuf des autres animaux : cet élément est le *jaune proprement dit*. La partie de l'œuf de l'oiseau, véritablement analogue au vitellus de l'œuf des mammifères, ce n'est pas le jaune, c'est la cicatricule. L'identité de nom, destinée à rappeler une identité qu'on croyait exister, il y a peu de temps encore, entre les choses, ne saurait avoir d'autre effet aujourd'hui que d'induire en erreur. Car la masse du jaune qui augmente tant le volume de l'œuf chez l'oiseau, représente tout simplement un amas de matière nutritive indispensable au développement de l'embryon qui provient du germe, mais elle n'est nullement comparable au contenu de l'œuf des mammifères (1).

En effet, cet amas de matière nutritive ne ressemble au contenu de l'œuf des mammifères, ni par la structure, ni par les phénomènes subséquents dont l'un et l'autre deviennent le siége, ni par les usages qu'ils sont destinés à remplir.

Le vitellus de l'œuf des mammifères n'est pas vésiculeux, mais simplement granuleux ; au contraire, le jaune de l'œuf de l'oiseau est formé, comme nous l'avons déjà fait observer, par de grandes vésicules renfermant une foule de granulations graisseuses ou albumineuses, c'est-à-dire par des éléments nutritifs. Mais la structure du vitellus des mammifères ressemble à celle de la cicatricule de l'oiseau, cette cicatricule étant, en effet, formée exclusivement, comme le premier, d'un amas de granules qui ne renferme aucune de ces grandes vésicules vitellines si caractéristiques.

Chez tous les animaux dont les œufs renferment du jaune, c'est-à-dire une masse de matière nutritive surajoutée au germe, ce jaune se compose de vésicules ou de cellules dont la forme, les dimensions, le contenu, peuvent varier suivant les classes, mais dont les caractères sont toujours distincts de ceux de la cicatricule et de ceux du vitellus des mammifères. Ainsi, ces vésicules sont grandes et remplies de granules chez les oiseaux ; leur dimension et leur contenu sont à peu près les mêmes chez les reptiles écailleux ; au lieu de granules, elles renferment, chez les raies, des corpuscules plus ou moins régulièrement carrés ou à formes géométriques, ainsi que l'a établi, le premier, J. Müller (2), etc. Mais aucune de ces formes ne peut être confondue avec celle des éléments de la cicatricule, ou du vitellus des autres animaux.

D'un autre côté, la masse du vitellus des mammifères et de la majorité des espèces animales, et la cicatricule des oiseaux, se ressemblent toujours sous le rapport de la structure.

(1) Cette nouvelle manière d'envisager la signification des diverses parties de l'œuf, due à Coste, a été amplement développée par lui dans l'*Hist. gén. et part. du développ. des corps organisés*, p. 104, 110 et suiv. Paris. 1847, et par Courty dans une note intitulée : *Comparaison de l'œuf des mammifères et de l'œuf des oiseaux*. Cette note, à laquelle j'emprunte la plupart des considérations suivantes, a été communiquée à l'Acad. des sc. de Montpellier (séance du 18 décembre 1848), et insérée dans le journal *l'Institut*, 17 janvier 1849, n° 785.

(2) *Mémoires de l'Académie de Berlin*, pour l'année 1840.

Il est des animaux qui, à cet égard, sont, pour ainsi dire, intermédiaires aux uns et aux autres; qui, sans avoir une cicatricule nettement limitée comme il arrive chez les oiseaux, sans avoir un vitellus homologue et partout identique avec lui-même, comme cela a lieu surtout chez les mammifères, ont un jaune mixte, composé d'éléments nutritifs et d'éléments germinatifs disséminés dans sa masse. Chez eux, la segmentation n'est pas bornée à la cicatricule comme chez les oiseaux; elle ne s'étend pas non plus à tout le vitellus comme chez les mammifères; elle s'opère sur une certaine étendue de la sphère vitelline. Elle porte sur une masse de granulations primitivement éparses, groupées après la fécondation vers un point déterminé du vitellus, et constituant un véritable germe, distinct de la masse des vésicules huileuses et albumineuses, ou des autres éléments nutritifs et accessoires qui ne participent nullement à ce singulier phénomène. C'est ce qui a lieu chez les poissons osseux, comme Coste l'a démontré.

Chez ces derniers, il n'y a, en quelque sorte, qu'une cicatricule vague; chez les mammifères, au contraire, tout l'œuf est cicatricule. La cicatricule est donc, à proprement parler, l'œuf des oiseaux; elle en est du moins la partie la plus importante, l'élément germinatif. Depuis longtemps, on savait que l'embryon du poulet se développe dans le point du jaune qui correspond à la cicatricule, et maintenant nous connaissons la raison de cette élection de lieu. Nous savons, en effet, que la cicatricule seule se segmente chez l'oiseau, tandis qu'une partie plus considérable de l'œuf se segmente chez les poissons osseux, et que toute la sphère vitelline subit la même modification chez les mammifères, les batraciens et un grand nombre d'invertébrés : or, ces parties qui se segmentent sont, à proprement parler, le *germe*.

Ce germe constitue à lui seul l'ovule des mammifères, il forme une assez grande partie de l'œuf chez les poissons osseux, il réside dans la seule cicatricule chez les oiseaux. Cet élément fondamental, *sphère vitelline* des mammifères, *cicatricule* des oiseaux, subit, chez ceux-ci et chez ceux-là, les mêmes modifications dans son développement : il se segmente. Si les phénomènes de segmentation présentent quelques différences d'aspect chez les uns et chez les autres, s'ils se manifestent ici par la formation de sphères organiques, là seulement par un sillonnement plus ou moins profond, cela tient à ce que le germe est isolé chez les premiers, tandis que, chez les seconds, il est en contact avec la masse du jaune. Mais, dans l'un et dans l'autre cas, la segmentation n'a qu'un seul et même but : le groupement ou l'agmination des éléments du germe en masses de plus en plus petites, le passage de ces masses, de ces sphérules organiques, à l'état de globules, et la transition de ces globules aux vésicules ou cellules qui ont pour destination de constituer le blastoderme.

Du reste, autant que nous pouvons en juger par la comparaison de tous les cas de segmentation actuellement connus, ces différences d'isolement du germe ou d'adjonction de ce germe à une quantité plus ou moins considérable de matière nutritive, tiennent simplement à de futures conditions d'existence. Chez les ovipares et les ovovivipares (dont les œufs, pourvus d'une coque, ne peuvent entrer en relation directe ni avec la mère, ni avec un milieu, tel que l'eau, où ils aient à puiser leurs premiers éléments nutritifs), le germe est à l'état de cicatricule plus ou moins délimitée, et une quantité de matière nutritive proportionnellement faible ou considérable, suivant les besoins de l'embryon à venir, lui est toujours surajoutée. Chez les mammifères, chez les batraciens, chez la plupart des mollusques et des autres animaux inférieurs qui se développent dans l'eau, ou dans tout autre milieu liquide propre

à la nutrition de l'embryon, tel que le sang dans le sein maternel, le germe est seul, il constitue l'œuf tout entier, il se segmente complétement et ne porte avec lui aucun élément nutritif. Ce dernier cas est, en particulier, celui de l'espèce humaine.

Formation du Blastoderme.

Lorsque la segmentation du vitellus est parvenue à son terme, un travail nouveau commence, qui va convertir chaque sphère granuleuse en une véritable cellule. Chacune des sphères organiques, qui constituent alors le vitellus, devient une vésicule par l'effet de la coagulation de sa surface en membrane, c'est-à-dire qu'elle se compose d'un contenant et d'un contenu, d'une enveloppe membraneuse et d'une masse interne granuleuse. Puis ces vésicules, refoulées vers la périphérie par l'effort qu'exerce sur elles, du centre à la circonférence, la masse de liquide albumineux dont la quantité s'accroît dans l'intérieur de l'œuf, se rapprochent les unes des autres, se tassent et se déforment mutuellement. De sphériques qu'elles étaient, elles deviennent polyédriques, et constituent dès lors de véritables cellules.

Conservant encore leur convexité du côté de leur face interne, ou vers le centre de l'œuf, elles s'aplatissent sur le côté externe, en s'appliquant contre la paroi de la membrane vitelline, et, en même temps, se soudent entre elles par les côtés qui limitent leurs contours polygonaux. De cette adhérence de toutes les cellules vitellines les unes avec les autres résulte une membrane sphérique, tapissant la face interne de la membrane vitelline, composée de cellules polygonales à contenu granuleux, destinée à former l'embryon, ses membranes, ses appendices, ses appareils de nutrition transitoires : c'est le *blastoderme* (1).

Le développement du blastoderme est le premier effet de la fécondation. Toutefois, il n'est pas certain qu'une tendance à la formation de cette membrane embryogénique ne puisse pas se manifester indépendamment du contact de la liqueur séminale. En enlevant l'épithélium de l'extrémité de l'utérus d'une truie en chaleur tuée vers la fin du rut, avant qu'elle eût été couverte par le mâle, et portant huit corps jaunes sur chaque ovaire, Bischoff (2) trouva sept œufs, dans la plupart desquels le vitellus était déjà partagé en un nombre considérable de sphères. Cela semble prouver que la formation des sphères vitellines peut commencer indépendamment de la fécondation : mais elle ne saurait aller bien loin, et il est probable que cette segmentation, opérée sous l'influence des seules forces qui animent l'élément germinateur femelle, s'arrête longtemps avant d'arriver à la production du blastoderme (3).

Peu de temps après que le blastoderme s'est organisé, une partie de sa surface s'obscurcit. Les cellules constituantes du blastoderme, qui maintenant semblent posséder un noyau central, sont, dans ce point obscur, plus multipliées, plus serrées, et

(1) Voy. pl. I, fig. 9, fig. 10 *b*.

(2) *Ann. des sc. nat.* 1844, p. 134.

(3) Quant à la rotation du jaune, que Bischoff (*Développ. de l'homme et des mammif.*, p. 68) croit avoir aperçue dans l'œuf des mammifères, et qu'il a comparée à la rotation de l'embryon des mollusques et de plusieurs autres animaux, aucun anatomiste n'a pu la voir, et Bischoff lui-même n'a pas dit l'avoir observée de nouveau. Ce phénomène serait d'ailleurs en opposition avec les idées que les autres faits doivent nous suggérer sur cette période du développement : chez les animaux qui offrent le singulier exemple de la rotation dans l'œuf, ce n'est pas le jaune segmenté qui tourne, mais le blastoderme ou plutôt l'embryon lui-même, pourvu de cils vibratiles, et bien autrement avancé dans son évolution que ne l'était le vitellus des mammifères qui a donné sujet à cette illusion.

pourvues de nombreux granules (1). Cette condensation des éléments blastodermiques a été appelée, par Baer et Burdach, *cumulus proliger;* elle est connue, depuis Coste, sous le nom de *tache embryonnaire*, parce que c'est là que va bientôt se développer l'embryon.

Enfin, en même temps que ces phénomènes s'accomplissent, l'œuf s'est développé aux dépens de la masse albumineuse qui l'entourait dans la première partie de la trompe; de sorte que, à mesure que son volume augmente, son enveloppe d'albumen diminue. Cette enveloppe albumineuse persiste plus longtemps chez le lapin; mais, en général, elle finit par disparaître vers l'extrémité inférieure de la trompe. L'œuf est alors formé de deux vésicules emboîtées l'une dans l'autre : l'une externe, la membrane vitelline; l'autre interne, le blastoderme, sur lequel apparaît la tache embryonnaire. Une petite quantité de liquide remplit sa cavité, et son volume total est environ cinq fois plus considérable qu'il n'était à l'ovaire. L'œuf arrive dans cet état à la matrice, ce qui a lieu, chez la femme, environ le huitième jour après la conception.

Développements ultérieurs de l'œuf dans la matrice. — Amnios. — Vésicule ombilicale. — Allantoïde.

Home et Bauer (2) croient avoir trouvé, chez la femme, un œuf dans la matrice, au moment où il venait d'arriver dans cet organe, c'est-à-dire le huitième jour après la conception. Cet œuf était formé d'une enveloppe externe, membrane vitelline; d'une enveloppe interne, membrane blastodermique, présentant dans une certaine étendue une condensation circulaire qu'on peut considérer comme la tache embryonnaire. E. Weber et E.-H. Weber (3), A. Thomson (4), Wharton Jones (5), Volkmann (6), pensent aussi avoir rencontré des œufs, chez la femme, à cette période de développement. Mais toutes ces observations sont malheureusement trop incomplètes, et, par conséquent, incertaines. Il n'en est pas ainsi pour les époques plus avancées: nous possédons même actuellement de très bonnes descriptions et des figures exactes d'œufs humains ayant subi les développements que nous allons commencer à décrire, de sorte qu'à partir de cette période, l'ovologie humaine peut se passer presque entièrement des emprunts qu'elle a dû faire jusqu'ici à l'ovologie comparée.

Peu de temps après que la tache embryonnaire, ou l'*area germinativa*, comme la nomme Bischoff (7), s'est manifestée sur le blastoderme, on la voit, de circulaire qu'elle était d'abord, prendre une forme elliptique plus ou moins allongée, s'éclaircir dans sa partie moyenne, et offrir dans le milieu l'apparence d'une ligne longitudinale (8), premier signal de l'organisation embryonnaire. Il nous suffira de dire ici que tout le développement de l'embryon se passe autour de cette ligne. Nous

(1) Voy. pl. I, fig. 9, dans le haut de la vésicule blastodermique, fig. 10 *te*.
(2) *Philos. Transact.* 1817, p. 252, 260, pl. II.
(3) *Disquisitio anatomica uteri et ovariorum puellæ septimo à conceptione die defunctæ instituta.* Halle, 1830. — Hildebrandt, *Anatomie*, t. IV, p. 466.
(4) *Edinb. med. and surg. journ.* n° 140, p. 119. 1839.
(5) *Philos. Transact.* 1837, p. 341.
(6) *Müller's Archiv.* 1839, p. 248.
(7) *Développ. de l'homme et des mamm.*, p. 89.
(8) Voy. pl. I, fig. 10, *al, le*.

décrirons bientôt les formes organiques que l'on voit successivement surgir au-dessus, au-dessous d'elle, sur ses côtés ; mais, pour l'instant, ne nous occupons que de l'œuf en lui-même et de la suite de son évolution.

A son arrivée dans la matrice, l'œuf est enveloppé seulement par la membrane vitelline. Par elle, il se met en rapport avec le milieu dans lequel il se trouve, et, comme il a besoin de fournir à son développement par une absorption énergique, des appendices plus ou moins ramifiées s'élèvent de la surface extérieure de cette membrane (1), s'enfoncent, à mesure qu'elles se développent, dans le tissu de la muqueuse utérine, et attachent l'œuf à la place qu'il occupera désormais. D'après Coste (2), c'est de la membrane vitelline que naissent directement ces premières villosités, aussi disparaissent-elles de très bonne heure avec cette même membrane vitelline, dont elles ne sont, pour ainsi dire, que des prolongements, des espèces d'appendices en cul-de-sac. Elles sont remplacées par de nouvelles villosités, développées sur une membrane sous-jacente, nouvelle enveloppe de l'œuf, le feuillet externe du blastoderme. Qu'est-ce que ce feuillet externe du blastoderme ? C'est ce qu'il faut d'abord faire comprendre.

Quand la tache embryonnaire s'est formée, on remarque, dans le point même où elle est située et un peu au-delà d'elle, que le blastoderme n'est plus simple : il est formé de deux feuillets adossés immédiatement l'un à l'autre, consistant tous les deux en cellules qui contiennent des noyaux. Les cellules du feuillet externe, qui est plus ancien, sont plus serrées et déjà en partie confondues entre elles ; les cellules du feuillet interne, qui est de formation plus récente, sont encore presque tout à fait rondes, très délicates, et renferment moins de molécules. Le feuillet externe, au moyen duquel se développeront, à la partie centrale ou tache embryonnaire, les téguments et tous les organes de la vie de relation du nouvel être, porte le nom de *feuillet séreux* ou *animal*. Le feuillet interne, qui deviendra tube intestinal et vésicule ombilicale, est connu sous celui de *feuillet muqueux* ou *végétatif*. La formation de ces deux feuillets blastodermiques a été reconnue par Pander, Baer (3), Coste (4), Bischoff (5), et tous les autres embryologistes. Plus tard, la division en deux feuillets s'étend à tout le pourtour du blastoderme, et l'œuf se trouve alors formé, en quelque sorte, de trois vésicules ou membranes concentriques : membrane vitelline, feuillet séreux et feuillet muqueux du blastoderme (6). En même temps, le blastoderme devient le siége de modifications dont les unes se passent dans son feuillet interne, les autres dans son feuillet externe. Occupons-nous d'abord de ces dernières.

Amnios.

Tandis que la portion centrale du feuillet séreux blastodermique se développe en embryon, la portion périphérique de ce même feuillet commence à se soulever en plis tout autour de cette ébauche organique, surtout à son extrémité céphalique et à son extrémité caudale. Ces plis se renversent bientôt en dehors et en bas, d'abord du côté de la tête où ils donnent naissance à un capuchon céphalique (7), puis du

(1) Voy. pl. I, fig. 10, *m r*.
(2) *Hist. gén. et part.*, etc., p. 82.
(3) *Entwickelungsgeschichte*, etc., t. II, p. 92.
(4) *Embryogénie comparée*, p. 460.
(5) *Développ. de l'homme et des mammif.*, p. 89.
(6) Voy. pl. II, fig. 2, *v*, *e*, *i*.
(7) Voy. pl. II, fig. 3, 4, *c*.

côté de la queue où ils forment un capuchon caudal (1), et enfin sur les bords latéraux, d'où, allant à la rencontre les uns des autres, ils finisssent par donner naissance à une sorte de poche connue sous le nom d'*amnios*.

Ces replis partent, comme l'on voit, de la face ventrale de l'embryon, et se dirigent les uns vers les autres du côté du dos, qu'ils enveloppent successivement, jusqu'à ce qu'ils se soient réunis en un point, situé à peu près vis-à-vis le milieu du dos, et qu'on a nommé, par analogie, *ombilic amniotique* (2). Ils s'appliquent d'abord d'une manière immédiate à l'embryon, de sorte qu'à ce moment il n'existe pas, à proprement parler, de cavité amniotique; plus tard, un liquide s'amasse entre la nouvelle membrane et l'embryon, les éloigne l'un de l'autre, et distend l'enveloppe que celui-ci vient d'acquérir.

En même temps que l'amnios se forme (3), le reste du feuillet externe (*e*) du blastoderme est, par le mécanisme de cette formation, éloigné du feuillet interne (*i*), et devient de plus en plus indépendant. Un liquide, s'interposant entre lui et les autres éléments internes de l'œuf (amnios, embryon et feuillet végétatif), finit par le séparer de ceux-ci jusqu'au point où a lieu la clôture du pli amniotique. Ce feuillet séreux ou externe, se trouvant ainsi détaché des parties profondes, s'applique, dans toute sa périphérie, à la face interne de la membrane vitelline qui constituait jusqu'ici la membrane externe de l'œuf; des villosités naissent de sa surface, et bientôt il remplace complétement cette première enveloppe extérieure (4).

Baer (5) a découvert le mécanisme de la production de l'amnios dans l'embryon d'oiseau et dans celui de plusieurs mammifères. Coste, Bischoff, Courty l'ont décrit de la même manière.

On est surpris de voir Oken, Pockels (6), et assez récemment Serres (7), inventer et soutenir, du moins pour l'espèce humaine, une hypothèse sans fondement et tout à fait en désaccord avec les résultats de l'observation. Au lieu de faire procéder l'amnios de l'embryon, ces derniers anatomistes ont regardé le sac amniotique comme une vésicule particulière, primitivement indépendante de l'embryon, et dont celui-ci se coifferait, pour ainsi dire, en s'y enfonçant peu à peu. Velpeau (8) a défendu une autre hypothèse qui est aussi insoutenable, celle que l'embryon se forme dans l'amnios et que celui-ci a une ouverture pour livrer passage au cordon ombilical. Mais il ne saurait en être ainsi. Il existe, en effet, une relation directe entre l'amnios et l'embryon tout autour de cette vaste ouverture qui, se rétrécissant par la suite, deviendra l'ombilic du fœtus, et il est facile de se convaincre que l'amnios procède, en ce point, directement de l'embryon. Comment admettre, d'ailleurs, que l'amnios se développe d'une façon particulière dans l'espèce humaine, quand on le voit se développer par un mécanisme qui est le même pour tous, chez les animaux vertébrés qui en sont pourvus? La seule différence qu'on observe, c'est que l'ombilic amniotique se fait dans un point ou dans un autre, suivant les espèces : ainsi, tandis qu'il est situé à la région moyenne du dos chez le lapin, il répond à la partie postérieure du cou chez la brebis, à la région

(1) Voy. pl. II, fig. 3, 4, *c'*.
(2) Voy. pl. II, fig. 5, 6, *c c'*.
(3) Voy. pl. II, fig. 3, 4, 5, 6.
(4) Voy. pl. II, fig. 6.
(5) *Entwickelungsgeschichte*, etc., t. II. p. 192.
(6) *Isis*, 1825, p. 1342.
(7) *Ann. des sc. nat.* 2e série, t. XI, p. 234.
(8) *Ovologie*, p. 25.

sacrée chez le poulet, etc. Enfin, au moment de l'occlusion de l'ombilic amniotique, il reste, entre l'amnios et l'autre portion du feuillet externe du blastoderme, un point de continuité (1) qui démontre que l'amnios et cette portion du feuillet séreux résultent certainement du déploiement d'une seule et même membrane. Cette portion externe du feuillet séreux ne tient plus alors à l'amnios que par un pédicule qui répond à l'ombilic amniotique et qui finit lui-même par se détruire et disparaître entièrement, rendant ainsi l'amnios et l'embryon libres de toute adhérence avec l'enveloppe externe de l'œuf.

Ajoutons, comme dernier témoignage de ce mode de formation de l'amnios, que A. Thomson (2) a vu deux œufs humains, dont l'un offrait le commencement de la formation de cette enveloppe, et l'autre sa dernière période caractérisée par la présence d'un pédicule ou d'un petit cordon membraneux, tenant d'une part à l'amnios, d'autre part aux membranes externes de l'œuf. Ces embryons avaient de dix à quatorze jours. L'allantoïde n'était point encore développée.

On ne sait combien l'amnios met de jours à se développer dans l'espèce humaine. Mais, s'il faut en juger par les animaux, ce phénomène, se manifestant dès l'origine de l'évolution et s'accomplissant chez eux en très peu de temps (vingt-quatre heures chez quelques espèces), ne doit pas mettre plus de quatre ou cinq jours à s'effectuer dans l'espèce humaine.

Le but immédiat de la formation de l'amnios, est d'éloigner de l'embryon le reste du feuillet externe du blastoderme. En effet, cette portion du feuillet blastodermique est, en ce moment, non seulement inutile, mais nuisible aux rapports directs qui doivent s'établir bientôt entre la matrice et le fœtus par l'intermédiaire des nouvelles enveloppes qui émaneront de l'embryon. Nous appellerons de nouveau l'attention sur ce fait, quand nous aurons décrit la formation de l'allantoïde.

Le but éloigné de la formation de l'amnios, est de protéger l'embryon par l'enveloppe membraneuse qu'il lui fournit et par le liquide qui s'accumule peu à peu dans sa cavité.

Ce liquide, connu sous le nom d'*eaux de l'amnios*, limpide et hyalin au commencement de la gestation, devient plus tard moins transparent et un peu blanc-jaunâtre.

Sa quantité varie, non seulement aux diverses époques de la vie embryonnaire, mais encore chez les divers individus : en général, elle croît jusque vers le milieu de la grossesse, de sorte que l'amnios est distendu, repoussé contre les enveloppes de l'œuf auxquelles il finit par s'appliquer et adhérer assez fortement, tandis que l'embryon, suspendu par le cordon ombilical, nage librement dans son milieu (3); mais, dans les derniers temps de la gestation, elle diminue, en raison de l'accroissement plus considérable du fœtus. Ordinairement, dans l'espèce humaine, son maximum ne dépasse pas un kilogramme, et, plus tard, elle se réduit à 500 grammes.

Le liquide amniotique a une réaction alcaline. Des diverses analyses données par Berzélius (4), Valentin (5), Vogt (6), Rees (7), Lassaigne (8), il résulte que sa compo-

(1) Voy. pl. II, fig. 6, *e e'*.
(2) *Edinb. med. and. surg. journ.* 1839, p. 119.
(3) Voy. pl. II, fig. 7, *m*.
(4) *Traité de chimie*, t. VII, p. 564.
(5) *Handbuch der Entwickelungsgeschichte*, p. 113.
(6) *Müller's Archiv*. 1837, p. 67.
(7) *Lond. med. gaz.* 1838, p. 461.
(8) *Journ. de chim. méd.*, p. 190. Paris, 1840.

sition chimique varie aux diverses époques de la grossesse et chez les divers sujets. Il contient, en général, de l'albumine, du chlorure sodique et de faibles quantités de phosphates, sulfates et carbonates de soude et de chaux. On y voit nager quelques flocons dans lesquels on reconnaît, au microscope, des noyaux de cellules et des cellules épithéliales, provenant de l'épiderme de l'embryon et de la couche épidermique qui tapisse la surface interne de l'amnios.

Quant à l'origine des eaux de l'amnios, on ne peut l'attribuer ni aux vaisseaux de cette membrane, puisqu'elle n'en possède pas, ni à aucun des organes internes du fœtus, puisque la présence des eaux est antérieure au développement de ces organes. On doit admettre qu'elles sont exhalées par toute la surface de l'amnios aussi bien que par la peau du fœtus. Quoique l'amnios ne renferme pas de vaisseaux, il se laisse pénétrer par les liquides albumineux qui l'entourent et qui proviennent de l'utérus, il crée à leurs dépens la couche épithéliale qui tapisse sa face interne, il s'accroît, il est enfin le siége d'un travail nutritif non équivoque, parallèle à celui qui préside au développement de l'embryon. On peut donc facilement comprendre et admettre que ce travail s'étende jusqu'à la production d'un liquide aussi indispensable que le sont les eaux de l'amnios au développement et à la conservation du fœtus.

Vésicule ombilicale.

Tandis que le feuillet externe du blastoderme, qui se continue dans les premiers temps avec la couche tégumentaire de l'embryon, forme, par le procédé que nous venons de décrire, l'amnios et l'enveloppe extérieure de l'œuf, le feuillet interne *i* (1) de cette même membrane, qui se continue primitivement avec les parois futures de l'intestin *i'*, s'en sépare peu à peu pour former l'enveloppe d'une vésicule distincte *o*, à laquelle on a donné le nom de *vésicule ombilicale*. Communiquant largement avec l'intestin, dans les premiers temps de la vie embryonnaire (fig. 2, 3), elle s'en distingue, plus tard, pour s'isoler chaque jour davantage (fig. 4, 5, 6, 7), à tel point que le canal qui la mettait en relation avec lui, après s'être rétréci de plus en plus, finit par se réduire à un simple pédicule *p*. Mais, durant toute la première période du développement, la vésicule ombilicale et l'intestin ne sont que deux compartiments d'une seule et même cavité : ce fait, nié longtemps pour l'espèce humaine, est aujourd'hui prouvé surabondamment par l'inspection des œufs du premier mois de la gestation observés par divers embryologistes.

Des communications vasculaires s'établissent de très bonne heure entre la vésicule ombilicale et l'embryon. Les vaisseaux qui servent à les établir se trouvent d'abord au nombre de quatre : ce sont deux veines pénétrant dans l'embryon et se jetant dans le vestibule du cœur, puis deux artères qui sortent de l'embryon, après s'être séparées de l'aorte abdominale vers le milieu de sa longueur. Ils portent le nom de *vaisseaux omphalo-mésentériques* et forment, par leurs divisions terminales sur la vésicule ombilicale, un réseau vasculaire très riche que l'on rencontre quelquefois fortement injecté : nous y reviendrons en parlant des diverses formes de la circulation embryonnaire.

La région par laquelle la vésicule ombilicale se continue avec l'intestin prend le nom d'*ombilic intestinal*, par analogie avec l'ombilic proprement dit, ou ombilic cutané que forment les bords des parois thoraciques et ventrales de l'embryon, à l'aide

(1) Voy. pl. II, fig. 2, 3, 4, 5, 6, 7.

d'un mécanisme que nous aurons bientôt à décrire. Enfin, le canal qui fait communiquer d'abord largement la cavité de l'intestin avec celle de la vésicule ombilicale, s'appelle *conduit omphalo-mésentérique* ou *vitello-intestinal* : de court et large qu'il était d'abord, il devient bientôt long et étroit, et finit par s'oblitérer, vers le trente-cinquième jour, de manière à n'être plus qu'une sorte de pédicule.

Quant au point de l'intestin auquel aboutit ce canal, ce n'est ni le cœcum, ni son appendice, comme l'ont cru Oken et un grand nombre d'anatomistes. Le tube digestif est d'abord droit de la bouche à l'anus, largement ouvert, et à l'état de simple gouttière (1). Plus tard, il se clôt, s'allonge, et par suite s'incurve, en formant une anse qui se projette vers l'ombilic où elle constitue, pendant quelque temps, une véritable hernie ombilicale normale. Cette première anse intestinale (2), qui prend plus tard le nom d'*anse iléo-cæcale*, se continue par sa convexité avec le pédicule de la vésicule ombilicale. Le cœcum commence à se former, il est vrai, dans un point assez rapproché du canal vitellin ; mais il s'en éloigne ensuite de plus en plus, par l'accroissement même de la portion iliaque du tube intestinal.

La vésicule ombilicale se forme de la même manière chez les oiseaux et chez les mammifères. Mais elle a une fin bien différente chez les uns et chez les autres.

Chez les oiseaux, elle persiste jusqu'au terme du développement de l'embryon et devient le siége d'une absorption étendue, dont il sera fait mention à propos de la nutrition du fœtus. La masse de jaune, contenue dans la vésicule ombilicale, est une matière nutritive destinée au développement du poulet, même après que celui-ci est sorti de la coquille ; car, dans ce moment encore, la vésicule existe, et ne continue pas moins à nourrir le jeune animal : seulement, elle est renfermée dans l'intérieur de la cavité abdominale.

Au contraire, chez la plupart des mammifères, et surtout chez l'homme, elle ne prend qu'un faible développement et perd de bonne heure toute importance relativement à l'œuf et à l'embryon. C'est à tel point que, dans l'espèce humaine, elle semble n'exister que par analogie ; à peine peut-on concevoir qu'elle serve à la nutrition de l'embryon, même pendant les premiers jours de son développement. Dès la fin du premier mois, elle a parcouru, dans l'œuf humain, toutes les phases de son évolution, et se trouve placée, par suite de l'allongement de son pédicule, à une assez grande distance de l'embryon, entre l'amnios et l'enveloppe extérieure de l'œuf (3). Sa communication avec l'intestin s'efface complétement du trente-cinquième au quarantième jour ; sa richesse vasculaire diminue, et bientôt disparaissent une des deux veines, puis une artère du même côté, enfin la substance même de la vésicule. L'artère et la veine persistantes s'atrophient, il ne reste bientôt plus, de la vésicule ombilicale, qu'une trame vasculaire refoulée, comprimée en dehors de l'amnios, où l'on continue de l'apercevoir encore, d'après Courty (4), jusqu'au quatrième ou cinquième mois, et quelquefois même, d'après Bischoff (5), jusque vers la fin de la grossesse.

Allantoïde.

Pendant que la vésicule ombilicale s'isole de l'intestin, on voit naître de l'ex-

(1) Voy. pl. II, fig. 2, 3, 4, *i'*.
(2) Voy. pl. II, fig. 5, 6, 7, *i'*.
(3) Voy. pl. II, fig. 7, *o*.
(4) *De l'œuf et de son développ.*, p. 124.
(5) *Développ. de l'homme*, p. 158.

trémité postérieure de ce même intestin une petite vésicule d'abord ronde, puis pyriforme, très vasculaire, destinée à jouer un rôle fort important dans les phénomènes ultérieurs du développement de l'œuf : c'est l'*allantoïde* (1). Les opinions ont été longtemps partagées sur le mode général de formation de l'allantoïde, et sur son existence dans l'espèce humaine. Reichert (2) a prétendu, après Serres, que, chez le poulet, l'allantoïde se développe primitivement sous la forme de deux petites éminences solides : ces deux élevures, situées à l'extrémité des corps de Wolff, communiquant même avec les conduits excréteurs de ces derniers, se confondraient peu à peu entre elles, pour former d'abord une éminence aplatie, qui prendrait bientôt à son tour l'aspect d'une vésicule. Coste (3), Courty (4), Bischoff (5) ont décrit, après Baer, Rathke, Valentin et autres, cette vésicule comme une sorte d'excroissance médiane de la portion d'intestin qui est en rapport avec l'extrémité caudale de l'embryon.

Cette excroissance forme peut-être, dans le principe, une masse pleine, à la surface de laquelle de nombreux vaisseaux se développent. Mais bientôt elle est manifestement creuse, et, dès qu'on peut la saisir sous la forme d'une vésicule et lui reconnaître une cavité, on découvre aussi la communication de cette cavité avec celle de l'intestin. Aussi peut-on dire qu'alors l'intestin, la vésicule ombilicale, l'allantoïde, sont trois lobes de la grande vésicule primitive formée par le feuillet interne de la membrane blastodermique.

Aussitôt qu'on a pu constater sur un œuf l'existence de la vésicule allantoïdienne, on voit celle-ci croître rapidement, et devenir, en peu de temps, un des organes les plus utiles à l'embryon. Les vaisseaux auxquels elle sert de support ont reçu le nom de *vaisseaux allantoïdiens* ou *ombilicaux*. Ils sont au nombre de quatre : deux artères qui proviennent des aortes inférieures, et constituent à une autre époque deux branches de l'iliaque ; deux veines qui finissent par se réunir en un seul tronc, pour gagner le vestibule du cœur, en traversant le foie, et se jeter, plus tard, dans la veine cave. Nous aurons à nous occuper bientôt plus longuement de ce système vasculaire.

Quant à l'allantoïde elle-même, la formation de l'ombilic cutané, en amenant la clôture des parois du ventre, la divise bientôt en deux portions, l'une interne, l'autre externe, séparées par une partie moyenne. La portion interne, renfermée dans la cavité abdominale de l'embryon, est destinée à former la vessie urinaire (6). La partie moyenne, traversant l'ombilic et toute la longueur du cordon ombilical, se resserre d'abord en un canal, plus tard en un cordon ligamenteux : elle a reçu, dans la portion qui avoisine la vessie, le nom d'*ouraque ;* elle forme, dans le reste de son étendue, un pédicule à la portion externe de l'allantoïde, et concourt à la formation du cordon ombilical (7).

La portion externe ne tarde pas à devenir une des parties les plus essentielles de l'œuf : à elle seule, elle constitue, à proprement parler, l'allantoïde, et, bien qu'elle se comporte diversement chez les divers animaux, elle offre néanmoins, chez tous ceux qui en sont munis, un caractère commun dans les phénomènes généraux de son évolution. Qu'elle doive servir à la respiration, comme chez les oiseaux, ou

(1) Voy. pl. II, fig. 4, *a*, et pl. I, fig. 12, *a*.
(2) *Das Entwickelungsleben in Wirbelthierreich*, p. 186.
(3) *Embryologie comparée*, p. 117, 135.
(4) *Ouv. cit.*, p. 106.
(5) *Développ. de l'homme*, p. 120.
(6) Voy. pl. II, fig. 5, 6, 7, *n*.
(7) Voy. pl. II, fig. 5, 6, 7, *r*.

à l'absorption des sucs nutritifs, comme chez les mammifères et l'homme même, elle prend un accroissement rapide auquel participent ses nombreux vaisseaux. Elle gagne l'enveloppe extérieure de l'œuf, s'applique à sa face interne, se déploie sur toute l'étendue de cette paroi, se soude à elle, et constitue dès lors, pour l'œuf, une nouvelle membrane située entre l'amnios et l'enveloppe externe (1). Enfin des villosités croissent à sa surface, pénètrent dans celles qui existaient déjà sur l'enveloppe de l'œuf, et donnent à ce nouvel organe le plus grand degré de développement auquel il doive atteindre (2). Nous verrons bientôt, en étudiant, d'une manière spéciale, la formation du chorion et du placenta, le rôle que doit jouer cet organe, et le but final auquel il est destiné dans l'espèce humaine.

L'existence de l'allantoïde dans l'espèce humaine ne peut être, d'ailleurs, l'objet d'aucun doute. Les cas dans lesquels on l'a observée sont assez nombreux aujourd'hui, pour qu'on puisse décrire toutes les périodes de son développement, depuis sa forme vésiculaire jusqu'à l'époque où, suivant dans tout le pourtour de l'œuf une marche rétrograde, elle concentre les progrès de son évolution dans le lieu destiné à la formation du placenta. Coste (3) l'a vue le premier, sous la forme d'une vésicule pyriforme dont le pédicule creux était en communication avec l'extrémité rectale de la cavité de l'intestin. Allen Thomson (4), R. Wagner (5), J. Muller (6), Serres (7), et d'autres, ont eu aussi l'occasion de l'observer et de la décrire. On s'est aperçu alors que Pockels (8) avait donné une fausse interprétation à la prétendue *vésicule érythroïde* de son illustre maître Oken (9). Cette prétendue vésicule n'était autre chose qu'une bosselure du cordon ombilical. Au contraire, l'inspection de la figure donnée par Pockels démontre que la vésicule, décrite par ce dernier anatomiste sous le nom d'érythroïde, est effectivement une allantoïde. Enfin nous avons vu, dans la belle collection de Coste, au Collége de France, des pièces nombreuses qui ne permettent plus aucun doute sur l'existence de l'allantoïde humaine, sur la manière dont elle se développe et l'extension qu'elle prend pour s'appliquer à la paroi interne de l'enveloppe extérieure de l'œuf. La plupart de ces pièces sont reproduites dans les magnifiques planches qui accompagnent l'*Histoire générale et particulière du développement des corps organisés.*

Il résulte de l'examen de ces pièces que la formation de l'allantoïde ne saurait guère être bien observée que sur des œufs âgés de quinze à vingt-cinq jours. La difficulté qu'on a éprouvée jusqu'à ces derniers temps à constater son existence tient, d'après la remarque extrêmement juste de Bischoff (10), à ce que les opérations plastiques les plus importantes marchent, durant les premières époques du développement, avec bien plus de rapidité dans l'œuf de l'homme que dans celui des mammifères, et laissent, par conséquent, moins de chances d'en pouvoir faire une étude complète. Il est, au contraire, quelques espèces où le développement de l'allantoïde, ne se produisant qu'à une époque bien plus avancée, est par cela même, plus facile à saisir : tel est, par exemple, le cas de la brebis.

(1) Voy. pl. II. fig. 5, 6, *a*.
(2) Voy. pl. II, fig. 6, *q*.
(3) *Embryol. comparée*, pl. III, fig. 4.
(4) *Edinb. med. and surg. journ.* 1839, n° 140, pl. III.
(5) *Icones physiologicæ*, tab. VIII, fig. 2, 3.
(6) *Manuel de physiologie.* Traduit par Jourdan, t. II, p. 704. Paris, 1845.
(7) *Ann. des sc. nat.*, 2e série, t. XX, p. 5. Paris, 1843.
(8) *Isis*, 1825, Heft 12, tab. XII, fig. 5.
(9) *Beitræge zur vergleichenden Zootomie, etc.* Bamberg, 1806.
(10) *Développ. de l'homme*, p. 135.

Il en résulte encore que l'allantoïde ne se dilate pas, de manière que l'un de ses feuillets s'applique au chorion et l'autre à l'amnios, tandis que l'intervalle serait rempli par une matière albumineuse à laquelle Velpeau (1) donnait le nom de *magma réticulé*. On ne peut admettre non plus, avec J. Müller (2) et Bischoff (3), que, très bornée dans son développement, l'allantoïde disparaisse dès qu'elle a conduit les vaisseaux, auxquels elle sert de soutien, au côté utérin du chorion, et qu'elle se convertisse en un cordon dans lequel sont renfermés les troncs de ces vaisseaux. C'est ce qui arrive, à la vérité, pour l'allantoïde des rongeurs; mais il en est tout autrement de celle de l'homme. Celle-ci se développe, comme nous l'avons dit, en passant en dehors de la vésicule ombilicale qui s'atrophie à mesure que l'allantoïde prend plus d'extension. Du côté opposé à celui où elle a pris naissance, ses bords se rejoignent, de la même manière que les bords des replis amniotiques se soudent pour clore l'amnios. Ainsi se trouve formée une nouvelle enveloppe villoso-vasculaire, dont le pourtour devra se dépouiller de villosités et de vaisseaux, excepté dans le point par lequel l'œuf s'est attaché à l'utérus, et où doit se former le placenta (4).

Tel est le mode de formation de l'*amnios*, de la *vésicule ombilicale* et de l'*allantoïde*. Ce sont là trois parties essentielles de l'œuf, dont nous allons suivre encore le développement, en décrivant la manière dont se constituent le chorion, ou plutôt les chorions, le placenta, et le cordon ombilical. Mais auparavant, il importe de faire remarquer, avec Coste et Courty (5), la relation qui existe entre deux de ces organes, l'amnios et l'allantoïde. Nous observons une allantoïde et un amnios chez les mammifères, les oiseaux et la plupart des reptiles; au contraire, les batraciens et les poissons sont dépourvus de l'un et de l'autre. Le développement de l'amnios et celui de l'allantoïde semblent donc être corrélatifs : celui-là ne semble se former que pour permettre à celle-ci de se développer. L'amnios, en effet, n'est pas seulement un organe de protection pour l'embryon, une enveloppe particulière destinée à lui ménager un milieu liquide favorable à sa suspension ; sa formation est encore une sorte d'artifice par lequel le feuillet externe du blastoderme est éloigné de son feuillet interne, le tégument extérieur écarté de l'intestin, et à la faveur duquel la paroi ventrale de l'embryon conserve, pendant le temps nécessaire, une ouverture par laquelle l'allantoïde puisse s'échapper, se projeter en dehors, et prendre toute l'extension indispensable au développement ultérieur du fœtus.

Derniers développements de l'œuf dans la matrice. — Chorion. — Placenta. — Cordon ombilical.

On entend généralement par *chorion* la membrane la plus externe de l'œuf. Simplement villeuse, dans toute son étendue, jusqu'à une certaine époque du développement, cette membrane devient ensuite villeuse et vasculaire. Plus tard, elle perd, avec son épaisseur, ses villosités et ses vaisseaux, dans la plus grande partie de sa surface. Elle ne forme plus alors, dans tous ses points, le placenta excepté,

(1) *Ovologie et embryologie*. Paris, 1833.
(2) *Ouv. cit.*, p. 700.
(3) *Ouv. cit.*, p. 143.
(4) Voy. pl. II. fig. 5, 6, 7.
(5) *Ouv. cit.*, p. 110.

qu'une enveloppe mince, lisse, destinée à se rompre au moment de l'accouchement.

Suivant Coste (1), après que l'œuf est arrivé dans la matrice, sa *membrane vitelline* se couvre de végétations plus ou moins ramifiées, s'enfonçant, à mesure qu'elles se développent, dans le tissu de la muqueuse utérine, et attachant ainsi l'œuf à la place qu'il doit occuper désormais. Cette membrane établit, à elle seule, les premières relations de l'œuf avec ce qui l'entoure; elle est l'organe par lequel sont absorbés les sucs ambiants dont l'embryon se nourrit, et forme pour Coste un *premier chorion* non vasculaire (2). Bischoff (3) regarde ces villosités comme le rudiment de celles qui garniront, à une autre époque, le chorion vasculaire. Mais il n'en est pas ainsi : ces villosités sont tout à fait transitoires et même elles disparaissent de très bonne heure, avec la membrane vitelline dont elles sont des prolongements, pour être remplacées par de nouvelles villosités provenant elles-mêmes d'une nouvelle membrane.

En effet, à mesure que l'œuf se développe et que l'amnios se forme, le feuillet externe ou séreux du blastoderme est refoulé peu à peu, ainsi que nous l'avons vu, contre cette membrane vitelline, et la double, pour ainsi dire, dans toute son étendue. Celle-ci s'atrophie alors et finit par disparaître; le feuillet séreux reste seul, devient à son tour l'enveloppe extérieure de l'œuf, succède, dans ses fonctions, à la membrane vitelline, et constitue, d'après Coste, un *deuxième chorion* (4). Ce deuxième chorion est totalement dépourvu de vaisseaux comme le premier.

Cependant l'allantoïde, sortant du ventre et portant avec elle les vaisseaux allantoïdiens ou ombilicaux, prend l'accroissement rapide déjà indiqué, se réfléchit tout autour de l'œuf, s'applique contre la paroi interne du chorion existant alors, et se couvre bientôt de villosités. Ces villosités poussent au-devant d'elles le feuillet externe du blastoderme, et portent de nombreuses ramifications vasculaires qu'elles entraînent dans leur développement : dès lors, elles commencent à déterminer l'atrophie de celles quiles avaient précédées, et finissent par se substituer tout à fait à elles, pour former à leur tour un nouveau chorion (5). Tel est, toujours d'après Coste, le *troisième chorion*, qui est à la fois villeux, vasculaire, et persiste jusqu'à la fin de la gestation en subissant des modifications plus ou moins profondes.

Les villosités du chorion de l'œuf humain avaient déjà été décrites et figurées avec assez de précision par Carus (6), Velpeau (7), Seiler (8), de Baer (9), Breschet et Gluge (10), R. Wagner (11), et plusieurs autres anatomistes. Nous avons eu l'occasion de les voir plusieurs fois, sur des œufs normaux contenus dans la matrice. Nul doute qu'elles ne puisent, dans la caduque, les sucs dont elle est

(1) *Hist. gén. et part.*, p. 82.
(2) Pl. II, fig. 4.
(3) *Ouv. cit.*, p. 140.
(4) Voy. pl. II, fig. 5, où l'on a ponctué la membrane vitelline *v*, pour indiquer qu'elle disparaît graduellement devant le feuillet séreux du blastoderme.
(5) Voy. pl. II, fig. 6.
(6) *Siebold's Journal*, t. VII, cah. 1.
(7) *Ovologie et embryologie.* Paris, 1833.
(8) *Die Gebærmutter und das Ei des Menschen*, t. IX et X.
(9) *Entwickelungsgeschichte*, t. II.
(10) *Ann. des sc. nat.*, t. VII, p. 227.
(11) *Icones physiol.*, tab. 8.

imprégnée, les matériaux plastiques nécessaires au développement de l'œuf : cette fonction s'opère d'abord par simple imbibition, alors qu'aucun vaisseau n'entre dans leur texture. Mais on ne peut admettre qu'elles soient destinées à la respiration, et les comparer, comme le fait Serres (1), à de véritables branchies pénicillées, plongeant dans le prétendu hydropérione, pour y accomplir cette fonction, dont on a cherché partout le siége, sans se demander auparavant jusqu'à quel point elle s'exerçait chez le fœtus.

Bischoff (2) prétend que le chorion de l'homme ne devient jamais vasculaire. Cette opinion est la conséquence de la fausse théorie qu'il a admise sur le développement de l'allantoïde. Pour nous, qui avons vu l'allantoïde se réfléchir tout autour de l'œuf et venir former le troisième chorion, nous avons reconnu aussi les vaisseaux portés par ce nouvel organe dans toutes les villosités. L'allantoïde même n'a pas d'autre destination que de répandre, par toute l'enveloppe de l'œuf, cette richesse vasculaire si nécessaire à l'accroissement de l'embryon. Elle est le soutien d'un réseau luxuriant qui provient des divisions et des subdivisions des vaisseaux ombilicaux, se prolonge, par extension et par formation nouvelle, sur tous les rameaux de ses villosités, et se substitue aux villosités anciennes qu'il finit par annihiler.

Il est vrai que cette richesse villeuse et vasculaire ne dure pas longtemps ; ou, plutôt, elle se concentre sur un point et s'efface sur tous les autres. Elle existe dans toute sa plénitude, du vingt-cinquième au trentième jour. Plus tard, les villosités commencent à s'atrophier dans toute la partie du chorion opposée à celle qui répond aux vaisseaux ombilicaux, ou, du moins, aux troncs de ces mêmes vaisseaux. Les villosités les plus éloignées de cet endroit perdent d'abord leur vascularité, puis diminuent de volume, et finissent par disparaître presque entièrement. Il en est ainsi, de proche en proche, jusqu'au niveau du point par lequel l'œuf est fixé à l'utérus ; de sorte que, vers le troisième mois, l'œuf est devenu presque lisse à sa surface externe (3).

Placenta.

Tandis que le chorion est devenu chauve dans le reste de son étendue, il a pris dans le point par lequel il tient à la matrice un développement si considérable, qu'il constitue bientôt en ce lieu un organe nouveau : *le placenta.*

Les villosités vasculaires continuant à croître sans interruption, et poussant sans cesse de nouvelles branches latérales, chacune d'elles peut être considérée comme la racine d'un arbre, dont les ramifications, touffues, serrées les unes contre les autres, et pour ainsi dire enchevêtrées, pénètrent le tissu utérin de la même manière que les racines végétales s'enfoncent dans le sol. Nous dirons bientôt par quelle disposition particulière le tissu de l'utérus se prête à cette pénétration ; comment il enveloppe ces villosités qui tendent à plonger dans ses propres replis et à faire corps avec lui, par quel mécanisme enfin se forme le placenta maternel. Mais faisons-nous d'abord une idée exacte de la portion fœtale de cet organe qui va devenir la partie la plus importante de l'œuf, la source de tous les matériaux nutritifs de l'embryon.

(1) *Ann. des sc. nat.*, t. XI, p. 325.
(2) *Ouv. cit.*, p. 142.
(3) Voy. pl. II, fig. 7, *a'*, *q'*.

Si l'on examine l'œuf humain, encore contenu dans la matrice, aux principaux âges de son développement, on voit les villosités du chorion, qui devront former le placenta, se développer davantage à mesure que les autres villosités s'effacent, et représenter une sorte de touffe à pédicules volumineux et ramifiés à l'infini d'une manière très élégante. En même temps que les villosités grandissent et se multiplient, leurs troncs vasculaires s'accroissent et se subdivisent, et finissent par prendre un volume énorme. Chacune de ces villosités est ainsi une racine primitivement distincte de toutes celles qui l'environnent ; chacune a son pédicule parcouru par un vaisseau principal, et chacune constitue une sorte de *cotylédon* qui contribue à former, par sa participation avec les autres, l'ensemble du placenta fœtal (1).

L'idée fausse qu'on s'est formée longtemps de la structure du placenta tenait aux altérations produites par les préparations artificielles auxquelles on soumettait des placentas de la dernière période de la gestation. Si l'on se contente de disséquer, sous l'eau, cet organe injecté ou non injecté, et de l'examiner à l'aide de divers grossissements, on démêle bientôt dans son parenchyme, d'apparence spongieuse, les ramifications innombrables et entremêlées des villosités primitives du chorion. Ces ramifications, dont nous avons étudié la structure avec Courty, aux diverses époques du développement, sont formées d'une substance fibroïde, dense, résistante, parsemée de granulations moléculaires et de noyaux particuliers. Elles se terminent par de minces tubes dont l'extrémité est légèrement renflée en ampoule dans le jeune âge, simplement cylindrique à une période plus avancée, et dont les dimensions varient, d'après Robin (2), entre $\frac{3}{100}$ et $\frac{1}{100}$ de millimètre de largeur, pour une longueur quatre fois plus considérable. Elles sont agglutinées très mollement entre elles par une substance amorphe, peu abondante, un peu fibroïde dans les points où elle est en excès.

Les belles recherches de E. H. Weber (3), R. Wagner (4), J. Reid (5), Bischoff (6), celles plus récentes de Coste, Courty, Robin, et nos propres observations, ne nous laissent pas non plus de doute sur la manière dont se comportent les vaisseaux sanguins dans ces villosités.

Chaque villosité reçoit un petit tronc des artères allantoïdiennes ou ombilicales ; celui-ci fournit autant de branches qu'il y en a dans la villosité elle-même, aux extrémités terminales de laquelle il finit par s'infléchir en arcade pour se continuer avec des ramuscules veineux correspondants : ces derniers se réunissent peu à peu en branches, et ramènent à leur tour le sang de la villosité dans un tronc unique. Mais les anses ne sont point simples ; un même capillaire serpente plusieurs fois de suite à droite et à gauche, et forme plusieurs arcades qui entrent en connexion les unes avec les autres par des branches de communication.

Enfin, le développement considérable qu'acquièrent les ramifications vasculaires, aux dépens du tissu environnant, fait que le parenchyme propre des villosités diminue beaucoup, à tel point que bientôt il ne constitue plus, pour ainsi dire, qu'une simple gaîne des vaisseaux. Il résulte de là que les villosités du placenta

(1) Voy. pl. II, fig. 7, *q*, *q*.
(2) *Archives générales de médecine*, 1848, 4e série, t. XVII, p. 276.
(3) HILDEBRANDT, *Anatomie*, t. IV, p. 495.
(4) *Hist. de la génér.*, p. 170.
(5) *Edinb. med. and surg. journ.* 1841, nº 146, p. 1.
(6) *Ouv. cit.*, p. 149.

peuvent être alors considérées comme n'étant presque pas autre chose que des fascicules pénicillés de vaisseaux capillaires.

S'il arrive, par accident, que le placenta ne puisse pas se développer dans le point correspondant à l'émergence des vaisseaux ombilicaux, le chorion reste, d'après Courty (1), vasculaire dans la totalité de son étendue, ou dans un certain nombre de points, ce qui, pour le dire en passant, suffirait bien, à défaut d'autres preuves, pour démontrer que, dans l'œuf humain, le placenta tire son origine de l'allantoïde. Ce phénomène, exceptionnel dans l'espèce humaine, est d'ailleurs permanent chez la plupart des autres mammifères. Chez les carnassiers, il n'y a qu'un placenta très grand, développé en zone autour de l'œuf, plus large chez les chiens que chez les chats; mais, chez les singes, il y en a deux; chez les herbivores, cinquante ou soixante, disposés par plaques, et appelés cotylédons; chez les cochons, plus de mille, disposés linéairement sur un grand nombre de rangs; chez le cheval et un grand nombre de pachydermes, il y a tant de cotylédons que la surface de l'œuf reste comme environnée du chorion vasculaire. Chez les oiseaux enfin, il n'existe qu'un seul placenta, si l'on peut conserver encore ce nom à l'allantoïde; mais il est appliqué de toutes parts contre la coquille, et destiné à une fonction spéciale différente, la respiration.

Quoi qu'il en soit, on voit, par ce qui précède, que *le but final de l'allantoïde est la formation du placenta.* L'existence d'un placenta, proprement dit, entraîne nécessairement l'existence antérieure de l'allantoïde.

Cordon ombilical.

Nous avons vu que le ventre de l'embryon, largement ouvert dans le principe, tend bientôt à se clore par le progrès des parois abdominales. Ces parois, s'avançant à la fois et de toutes parts, comme l'étoffe d'une bourse dont on tirerait les cordons, convergent vers un point central, qui devra demeurer ouvert jusqu'après la naissance du fœtus, et qui porte le nom d'*ombilic.* De ce point, part l'amnios qui se continue avec les bords des parois abdominales. Par cette ouverture, sortent les diverses productions dont nous venons d'étudier le développement : la vésicule ombilicale, l'allantoïde, et leurs vaisseaux. Comme ces deux formations, d'abord vésiculeuses, deviennent pédiculées, à mesure qu'elles s'éloignent de l'embryon, elles prennent bientôt la forme d'un cordon que l'amnios revêt d'une sorte de gaîne, et qui porte le nom de *cordon ombilical.*

Le cordon ombilical apparaît de très bonne heure, vers la fin du premier mois. Il est primitivement formé de deux organes : l'ouraque ou pédicule de l'allantoïde (2) et le pédicule de la vésicule ombilicale (3), accompagnés chacun de quatre vaisseaux, les artères et veines omphalo-mésentériques, les artères et veines allantoïdiennes ou ombilicales. Puis, l'intimité devient croissante entre l'amnios et les pédicules réunis de la vésicule ombilicale et de l'allantoïde. Le canal, que l'amnios fournit à ces derniers, devient plus ou moins allongé, suivant l'allongement du cordon ombilical et l'augmentation du liquide amniotique. Chez les oiseaux, et dans certaines espèces de mammifères tels que les lapins, la réflexion de l'amnios autour du cordon, et, par conséquent, son allongement, sont presque nuls. Dans l'espèce humaine, au contraire, ils sont très considérables, et le cordon n'atteint pas moins de 5 à 6 décimètres de

(1) *Ouv. cit.*, p. 119.
(2) Voy. pl. II, fig. 7, *r.*
(3) Voy. pl. II, fig. 7, *p.*

longueur. Le cordon se compose alors de trois parties : à l'intérieur, les deux pédicules ; à l'extérieur, le canal que forme autour d'eux l'amnios.

Plus tard, la gaine amniotique tend à s'oblitérer et contracte des adhérences de plus en plus intimes avec les parties contenues. Tant que son occlusion n'a pas eu lieu, une partie des viscères abdominaux trouve à se loger dans la cavité du cordon ; aussi, le développement des parois abdominales n'étant pas proportionné, dans l'origine, au développement de l'intestin, cet intestin forme-t-il toujours dans le cordon ombilical une sorte de hernie normale, qui se réduit avec les progrès de l'âge, par l'oblitération du canal amniotique. Cette oblitération commence à l'extrémité placentaire du cordon et se poursuit vers l'ombilic, à travers lequel elle force à rentrer l'anse intestinale herniée.

Le conduit vitello-intestinal disparaît de bonne heure, comme la vésicule ombilicale ; il s'oblitère même bien avant de disparaître. Il en est ainsi, chez l'homme, de l'allantoïde et de l'ouraque qui est son pédicule. Mais tous les mammifères ne sont pas dans le même cas : chez la brebis, par exemple, la cavité de l'ouraque persiste assez longtemps, et, cette cavité, faisant communiquer celle de la vessie urinaire avec celle de l'allantoïde, on trouve dans cette dernière, comme chez l'oiseau, des concrétions provenant du liquide sécrété par les corps de Wolff, et, à une autre époque, par les reins.

Le conduit vitello-intestinal et les vaisseaux omphalo-mésentériques ne laissent bientôt aucun vestige. Bientôt aussi on n'aperçoit aucune trace de l'allantoïde. Il ne reste donc plus, comme parties constituantes et essentielles du cordon, que les vaisseaux ombilicaux réduits eux-mêmes à une veine et à deux artères, le tissu de nature fibroïde qui les unit, et la gaine amniotique qui les entoure.

La veine occupe ordinairement l'axe du cordon et les artères s'enroulent uniformément autour d'elle. Ces circonvolutions des artères dans le cordon vont habituellement de gauche à droite, à partir de l'embryon. Elles peuvent tenir, soit à ce que les vaisseaux croissent plus vite dans l'intérieur de la gaine que ne le fait cette dernière, soit à ce que, en se prolongeant à partir de l'embryon, les vaisseaux croissent sous forme spirale. Outre ces circonvolutions, il en est d'autres qui s'étendent à la totalité du cordon, et qui dépendent sans doute des torsions de l'embryon lui-même. Les vaisseaux du cordon sont entièrement dépourvus de valvules. La veine ombilicale est quelquefois double, et même triple ; au contraire, on ne rencontre parfois qu'une seule artère ombilicale, surtout chez les monstres. Dans certains cas, la totalité du cordon ombilical est divisée en deux branches, à une distance plus ou moins considérable du ventre de l'embryon.

Les vaisseaux du cordon et son enveloppe amniotique sont unis par un tissu cellulaire imprégné d'un liquide limpide, un peu épais, albumineux, désigné sous le nom de gélatine de Wharton. Suivant les diverses quantités de liquide renfermées dans le cordon, on a l'habitude, en tocologie, de donner à celui-ci les noms de cordon maigre, ou de cordon gras. Le tissu interfuniculaire, avait été pris par Fohmann pour un lacis très serré de lymphatiques ; mais il résulte des observations microscopiques que l'on ne peut y admettre comme certaine l'existence de ces vaisseaux. Quant aux nerfs, Schott (1) et Valentin (2) affirment avoir vu des

(1) *Die Controverse über die Nerven des Nabelstranges und seiner Gefæsse.* Francfort, 1836.
(2) *Repertorium*, t. II, p. 151.

filets provenant des plexus hépatique, hémorrhoïdal ou utérin, accompagner les vaisseaux du cordon à quelques centimètres de l'ombilic.

Rarement le cordon ombilical s'insère au placenta perpendiculairement à sa surface. Au contraire, cette insertion est presque toujours oblique, et plus rapprochée du bord que du centre du gâteau placentaire. Quelquefois elle se fait au bord même du placenta, cas auquel les accoucheurs ont donné le nom de placenta en raquette. D'autres fois, enfin, elle s'opère au delà de ce bord, en un autre endroit quelconque du chorion : les vaisseaux du cordon parcourent alors l'épaisseur du chorion, écartés les uns des autres et souvent très ramifiés, jusqu'à ce qu'ils atteignent le bord du placenta où ils se répandent ensuite à la manière ordinaire. Ce dernier cas, rare d'ailleurs, étudié par Benngiesser (1), tient à un défaut de correspondance entre le point interne du chorion sur lequel s'est réfléchie l'allantoïde, et le point externe de cette membrane par lequel se sont établies les relations de l'œuf à l'utérus : il peut entraîner des accidents, surtout la mort par hémorrhagie, lorsque les vaissaux, qui rampent dans le chorion, se rompent avec cette enveloppe fœtale, au moment de l'accouchement.

La longueur du cordon varie beaucoup, depuis l'extrême limite de 4 à 5 centimètres jusqu'à celle de 1 mètre et même davantage.

L'excès de longueur du cordon ombilical peut donner lieu tantôt à la formation de nœuds sur son trajet, tantôt à son entortillement autour du cou ou de quelqu'un des membres du fœtus. C'est sans doute aux mouvements de ce dernier qu'on doit attribuer l'une et l'autre disposition.

Rapports de l'œuf avec la matrice. — Membrane caduque.

Quand tous les phénomènes que nous avons décrits précédemment se sont accomplis, quand l'amnios, distendu par le liquide amniotique, s'est appliqué contre la face interne du chorion, le développement de l'œuf est achevé et la composition de ses membranes s'est réduite à une simplicité extrême. En effet, il n'existe plus que le chorion, dépourvu presque entièrement de ses villosités et collé sur l'amnios qui le double intérieurement dans toute son étendue.

Le chorion, la vésicule ombilicale, l'allantoïde, ont des formes différentes chez les divers animaux, d'où résultent aussi des différences correspondantes dans la forme de l'œuf. Ainsi, chez les ruminants, l'œuf est allongé, fusiforme, et son allantoïde bicorne, pourvue d'un nombre considérable de cotylédons ; chez le chien et les carnassiers, il est ovoïde, et son allantoïde est aussi bicorne, mais dans une direction inverse de celle qu'elle affecte chez les ruminants, d'où la disposition transversale et la forme zonaire du placenta ; chez l'homme et plusieurs autres mammifères, l'œuf est sphérique, et l'allantoïde, répandue d'abord sur toute sa périphérie, concentre son développement vasculaire en un point limité où elle forme un placenta discoïde, ou, comme on l'a nommé, un gâteau placentaire.

L'amnios, par son aspect, sa disposition anatomique, ses fonctions, est une véritable séreuse, dans laquelle le fœtus est contenu, comme le canal intestinal est contenu dans le péritoine, le cœur dans le péricarde. Le chorion, dépouillé de toutes ses villosités et de ses vaisseaux, se trouve réduit, de son côté, à un tissu fibreux qui, par sa disposition et ses rapports, joue, à l'égard de l'amnios, le rôle d'une membrane

(1) *Dissert. de hemorrhagia inter partum orta ex rupto venæ umbilicalis ramo.* Heidelberg. 1831.

résistante d'enveloppe ou de soutien. La surface lisse et polie de l'amnios est baignée par le liquide amniotique, dans lequel est plongé l'embryon qui, par le cordon ombilical, tient au gâteau placentaire destiné à le mettre lui-même en communication avec l'utérus.

Ces membranes sont presque les seules enveloppes de l'embryon arrivé au troisième mois de la vie intra-utérine : ce sont celles dont il devra se dépouiller pour sortir du ventre de sa mère. Tous les phénomènes qui continuent à se passer dans l'œuf tiennent exclusivement à l'accroissement et à la nutrition.

Quant à la position que le fœtus occupe dans sa poche protectrice, elle varie dans les premiers temps de la grossesse, mais elle acquiert bientôt une fixité durable jusqu'au moment de la naissance. Le plus généralement le fœtus est recourbé sur sa partie antérieure ; la tête légèrement fléchie, le menton appuyant sur la face antérieure de la poitrine ; les pieds relevés sur le devant des jambes, celles-ci fortement fléchies sur les cuisses, qui sont elles-mêmes appliquées sur la face antérieure de l'abdomen ; les genoux écartés, les talons rapprochés l'un de l'autre et appliqués contre les fesses ; les bras serrés sur les côtés du thorax, les avant-bras fléchis et croisés sur le devant du sternum, le menton logé entre les deux mains. Ainsi replié sur lui-même, le fœtus forme une masse ovoïde, dont la petite extrémité, constituée par la tête, regarde en bas, et dont la grosse extrémité, représentée par la région pelvienne, est tournée vers le fond de la matrice. Cette position déclive de la tête, qui est infiniment plus fréquente que toutes les autres, dépend sans doute, d'après Cazeaux (1), de ce que la matrice, se développant d'abord aux dépens de son fond, permet à l'extrémité pelvienne du fœtus de s'y loger, dès ce moment, avec plus de facilité qu'elle ne pourrait le faire dans la partie rapprochée du col. Nous verrons, plus loin, qu'elle est d'ailleurs la position la plus favorable à l'accouchement.

L'amnios et le chorion persistent jusqu'à la naissance, et la parturition est immédiatement précédée de la rupture de ces membranes, dont la saillie, à travers le col de l'utérus dilaté, constitue la *poche des eaux*.

Ces membranes ne sont pourtant pas les seules à se rompre, les seules qui aient concouru à constituer l'enveloppe de l'œuf. Il faut y ajouter, pour ne rien omettre, le *feuillet réfléchi de la caduque*, qui, dès une époque peu avancée de la grossesse, fait corps avec le chorion. Pour ne pas scinder un seul et même sujet, nous avons renvoyé jusqu'ici l'étude de cette enveloppe la plus externe de l'œuf (*caduque*), qui sert, non seulement à retenir l'œuf et à le protéger, mais encore à établir entre le fœtus et la matrice, du côté de la mère, les mêmes relations que nous avons vu le placenta réaliser du côté de l'embryon.

La *membrane caduque* n'est autre chose que la muqueuse de l'utérus développée, hypertrophiée et appropriée aux fonctions qu'elle doit remplir pendant la gestation. Cette opinion étant nouvelle, du moins envisagée à un point de vue aussi absolu, et se trouvant en opposition avec une théorie de la formation de la caduque, qui régna longtemps dans la science, il importe d'en démontrer toute l'exactitude. Pour cela, reportons nous à ce que nous avons déjà dit de la muqueuse utérine, en parlant de la menstruation, et rappelons les détails de structure essentiels

(1) *Traité théorique et pratique de l'art des accouchements*, p. 217. 2e édition. Paris, 1844.

à connaître pour donner au rapprochement que nous allons faire toute sa valeur scientifique.

Il est d'abord hors de doute aujourd'hui qu'*il existe une muqueuse dans l'utérus*. Son épaisseur est telle qu'elle dépasse celle de tous les autres téguments internes du corps. On ne concevrait pas qu'on eût pu nier aussi longtemps l'existence de cette membrane, si l'on ne savait que sa structure apparente diffère notablement de celle de la plupart des autres muqueuses. Mais doit-on s'étonner d'observer une différence dans l'aspect de tissus destinés à des usages différents? D'ailleurs, il y a au fond plus de ressemblance qu'on ne le supposerait d'abord, entre la muqueuse utérine et les autres membranes connues depuis longtemps sous le même nom. Voici les principaux caractères de cette partie importante de l'organe gestateur.

Très épaisse au milieu de la cavité du corps de l'utérus, où elle atteint souvent en profondeur le quart des parois de cet organe, la muqueuse de la matrice s'amincit assez brusquement vers l'orifice des trompes, ainsi qu'au niveau de la jonction du corps avec le col : elle devient si mince, dans toute l'étendue du col, qu'elle ne dépasse pas ordinairement, dans ce point, l'épaisseur d'un millimètre. Les différences d'aspect général, de coloration et de texture, ne permettent pas de méconnaître les limites qui la séparent du tissu musculaire. Ses dimensions, qui sont les mêmes chez les vierges et dans l'intervalle des grossesses, s'augmentent beaucoup à l'époque des règles, et surtout de la gestation; au contraire, elles diminuent considérablement chez les vieilles femmes. Sa face interne, d'une teinte rosée dans la cavité du corps, devient plus pâle dans le col où sa vascularité diminue d'une manière notable. Enfin, au lieu d'être résistant, comme le tissu musculaire, auquel il adhère fortement, le tissu de la muqueuse utérine est friable, surtout dans l'état de congestion.

Sa structure est encore plus importante à connaître. Elle est complexe, comme celle de toutes les muqueuses, elle présente en outre des caractères tout à fait particuliers. Au dessous de l'épithélium cylindrique à cils vibratiles qui revêt sa face interne, la muqueuse utérine est formée de petits tubes glandulaires et d'un réseau fort riche de capillaires sanguins; ces éléments, fondamentaux relativement aux fonctions de la muqueuse de la matrice, sont unis entre eux par de la matière amorphe, quelques fibres de noyau, des fibres propres de tissu cellulaire et enfin par du tissu fibro-plastique. Il est essentiel de bien connaître tous ces éléments organiques; car nous les retrouverons dans les caduques vraie et réfléchie : prouver l'identité de structure de la caduque et de la muqueuse est la meilleure manière de démontrer que l'une et l'autre membrane sont un seul et même organe.

Il y a deux espèces de glandes dans la muqueuse utérine. Ces glandes sont de simples follicules en cul-de-sac, non ramifiés, plus ou moins allongés. Les unes sont propres au corps de la matrice, les autres au col.

Les glandes du corps occupent l'étendue entière de la muqueuse et tiennent toute son épaisseur, depuis sa face adhérente jusqu'à sa face libre, où leurs orifices laissent suinter par la pression de petites gouttelettes de mucus. Signalées pour la première fois par Roux (1), elles ont été décrites imparfaitement, et toujours sur des utérus gravides, par plusieurs anatomistes dont nous citerons bientôt les noms en parlant de la caduque; mais Coste (2) est le premier qui les ait décrites

(1) *Anat. descript.* de Bichat, t. V, p. 285.
(2) *Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1842.

dans l'état de vacuité. Elles se présentent sous la forme de petits tubes, visibles à la loupe, larges de 1/10 de millimètre, très serrés verticalement les uns à côté des autres. L'extrémité cœcale, arrondie, et en rapport avec le tissu musculaire de la matrice, est flexueuse dans une partie de son étendue. L'extrémité béante, se recourbe de manière à faire une légère saillie à la surface de la muqueuse, et s'ouvre soit isolément, soit avec plusieurs autres, dans un de ces petits godets dont l'ensemble donne à cette surface interne de la muqueuse utérine un aspect pointillé ou criblé. D'après Robin (1), elles sont constituées par une membrane finement granulée, tapissée intérieurement de cellules d'épithélium polygonales, presque arrondies, à granulations sans noyau, qu'on retrouve dans le mucus excrété.

Les glandes du col sont plus larges que celles du corps, mais de moitié moins longues; leur largeur est de 1/8 de millim., et leur longueur de 1 millim. à 1 millim. 1/2. Elles ne sont ni tuberculeuses ni flexueuses, mais plutôt en forme de bouteille, tapissées intérieurement d'un épithélium à cellules cylindriques, très petites, pourvues d'un noyau. Lorsque leur orifice s'oblitère et qu'elles se distendent par l'accumulation du mucus sécrété, elles constituent les petits kystes connus sous le nom d'*œufs de Naboth*.

Les vaisseaux de la muqueuse utérine sont disposés par petites branches, parallèles aux tubes flexueux, glandulaires, que nous venons de décrire, et appliquées contre eux. Leurs ramuscules serpentent sur les parois de ces tubes et s'anastomosent avec les ramuscules des branches voisines. Arrivés à la surface de la muqueuse, ils forment un réseau superficiel, sous-épithélial, très riche, à mailles polygonales, formé de capillaires d'un volume inégal (2). Ce réseau se congestionne fortement, comme nous l'avons vu, à l'époque des règles, et laisse perspirer le sang de la menstruation.

Les éléments dont nous venons de parler, épithélium cylindrique, glandes tubuleuses, vaisseaux, sont unis entre eux par de la matière amorphe, quelques fibres de noyau, du tissu cellulaire, des éléments fibro-plastiques.

La matière amorphe unissante renferme un grand nombre de granulations moléculaires, très fines, d'une teinte grisâtre.

Les fibres du tissu cellulaire sont, en général, très minces, pâles, transparentes, entrecroisées en tous sens, plutôt que rangées en faisceaux onduleux. Elles sont mélangées à quelques unes de ces fibres contractiles que Henle (3) a nommées fibres de noyau, et que Robin (4) propose d'appeler avec plus de raison *fibres dartoïques*, du nom de l'organe où on les trouve en plus grand nombre.

Enfin, les éléments fibro-plastiques se composent des noyaux ou globules fibro-plastiques, et des fibres ou corps fusiformes décrits par Lebert (5) dans les cicatrices récentes, et rencontrés, chez l'embryon ou chez l'adulte, partout où se trouve du tissu cellulaire en voie de formation ou de régénération. Ces noyaux, pourvus d'un ou deux nucléoles, ces corps fusiformes développés autour des noyaux et s'allongeant en fibres, sont une forme transitoire, ou, pour mieux dire, un premier degré de formation des fibres du tissu cellulaire. La muqueuse utérine paraît

(1) *Mémoire pour servir à l'histoire anat. et path. de la membrane muqueuse utérine, etc.*, dans les *Archiv. gén. de méd.*, 4e série. t. XVII, p. 257, 405; t. XVIII, p. 186. Paris, 1848.

(2) Voy. les belles planches de l'ouvrage de Coste : *Hist. génér. et part. du dévelop. des corps organisés*. Paris, 1847.

(3) *Anat. génér.*, t. I, p. 196. Paris, 1843.

(4) *Mém. cit.*, p. 422.

(5) *Physiol. pathol.*, t. I, p. 77. Paris, 1845.

être le seul organe dans lequel on les trouve, à l'état normal, chez l'adulte. L'existence constante, dans cette membrane, d'éléments en quelque sorte embryonaires, semble démontrer que la destination de la muqueuse de la matrice est de n'avoir qu'une existence temporaire, de se régénérer continuellement, de se trouver toujours, pour ainsi dire, en voie de nouvelle formation.

Telles sont les parties constituantes de la muqueuse de l'utérus, dans l'état de vacuité de cet organe. Pendant la menstruation, on les retrouve, légèrement modifiées, il est vrai, mais identiques au fond ; ainsi, l'ensemble de la muqueuse est boursouflé, et comme hypertrophié, ses vaisseaux sont dilatés, gorgés de sang. Enfin, pendant la grossesse, on les rencontre encore dans cette membrane qu'on a regardée longtemps comme de formation récente et à laquelle on a donné le nom de *caduque*. Ici, sans doute, ces éléments sont modifiés plus profondément ; mais ils n'en sont pas moins tous faciles à reconnaître, et à assimiler complétement à ceux de la muqueuse dans l'état de vacuité, aussi bien les vaisseaux et les glandes, que l'épithélium, le tissu cellulaire et les éléments fibro-plastiques. Nous décrirons bientôt les changements qu'ils ont subis individuellement pour arriver à produire l'accroissement général de la membrane. Mais voyons d'abord ce qu'est la caduque elle-même, et comment elle se forme par l'hypertrophie de la muqueuse utérine.

La membrane caduque n'a pas été décrite par les anciens. On trouve bien son existence signalée dans les œuvres d'Arétée, de Fabrice d'Aquapendente, d'Harvey, de Haller, d'Albinus. Mais William Hunter (1) le premier en fit la description, et lui imposa un nom. En raison de son existence temporaire, il l'appela *caduque* (*decidua*), et, eu égard aux parties sur lesquelles il l'observa, la matrice d'un côté, l'œuf de l'autre, il la distingua en *caduque utérine* (*decidua uterina*) et *caduque réfléchie* (*decidua reflexa*). Cet anatomiste la représenta comme une membrane vasculaire, épaisse, blanchâtre, adhérente d'abord à l'utérus dont elle se détacherait ensuite, préexistant à l'arrivée de l'œuf, mais l'enveloppant plus tard dans toute son étendue, et tapissant toute sa surface convexe, aussi bien que toute la concavité de la matrice ; enfin présentant toujours les trois ouvertures qui existent normalement dans l'utérus, deux au niveau des trompes, une au niveau du col. Sa première idée, il faut bien le remarquer, fut que cette membrane caduque était une sorte d'exfoliation de la face interne de la matrice.

Plus tard, la difficulté d'expliquer l'enveloppe fournie par cette membrane à la surface entière de l'œuf, fit admettre par W. Hunter que la caduque devait plutôt sa naissance à une exhalation pseudo-membraneuse. Son frère, John Hunter (2), adopta cette hypothèse, et la plupart des anatomistes du commencement de ce siècle s'efforcèrent de la soutenir. Voici comment elle nous arriva, plus ou moins modifiée par Moreau (3), Bojanus (4), Breschet (5), Velpeau (6), etc.

On supposait que, sous l'influence de l'état fluxionnaire, déterminé par la conception, une exsudation de lymphe plastique s'opérait à la face interne de l'utérus ; que cette matière coagulable s'organisait en une véritable pseudo-membrane, tapissant toute la face interne de la matrice, passant au-devant de l'ouverture des

(1) *Anatomia uteri gravidi, tabulis illustrata*. Birmingham, 1774.
(2) *Œuvres complètes*, traduites par Richelot, t. IV, p. 120, 130. Paris, 1843.
(3) *Essai sur la disposition de la membrane caduque*. Dissertation inaugurale. Paris, 1814.
(4) *Isis*, 1821.
(5) *Mém. de l'Acad. Roy. de méd.*, t. II, 1833.
(6) *Ovologie et embryologie humaine*. Paris, 1833.

trompes et du col, et remplie d'un prétendu liquide, auquel Breschet avait donné le nom d'*hydro-périone*. On admettait que l'œuf, poussé par la contraction de la trompe, et surmontant le double obstacle qui s'opposait à son entrée dans l'utérus (la pseudo-membrane et le liquide contenu), refoulait devant lui cette membrane de nouvelle formation, s'en enveloppait, s'en coiffait, comme d'un double bonnet, dont l'un des feuillets en contact immédiat avec lui, formait la caduque réfléchie, dont l'autre feuillet en contact avec la face interne de la matrice, formait la caduque vraie ou utérine ; de là, le nom de *périone* ou *périvone* donné par Breschet à la membrane caduque.

Mais, contrairement à cette hypothèse, l'utérus présente toujours, à toutes les époques de la gestation, ses trois orifices complétement ouverts. On observe en outre que, dans les premiers temps qui suivent la conception, l'œuf est complétement libre dans la cavité de la matrice, au lieu d'y être retenu fortement contre l'une de ses parois, comme il devrait l'être par la prétendue caduque dont il serait tout d'abord coiffé. Enfin, si l'œuf, en entrant dans la matrice, avait à soulever la membrane de nouvelle formation, dont nous venons de parler, pour glisser entre elle et la face interne de l'utérus, on devrait remarquer l'absence de la caduque entre lui et le point par lequel il est en contact avec l'organe gestateur; or, au contraire, la continuité et même l'hypertrophie de la caduque derrière l'œuf, surtout lorsque le placenta fœtal s'est développé, est si évidente, qu'il a été impossible de la nier, et qu'on a été obligé, pour cacher ce défaut de la théorie, de combler, pour ainsi dire, la lacune de l'hypothèse primitive, par une seconde hypothèse, et d'admettre qu'il s'organisait dans ce point une autre membrane de nouvelle formation, à laquelle on donna le nom de *decidua serotina* (1), caduque tardive, tissu inter-utéro-placentaire.

On ne peut donc admettre une pareille supposition pour la formation de la membrane caduque, alors même que son mode réel de production nous serait inconnu. A plus forte raison, devons-nous la rejeter actuellement que des observations mieux faites nous ont enfin appris toute la vérité sur ce point si obscur d'ovologie humaine. Du reste, il faut en convenir, les anatomistes, qui édifièrent la théorie qu'on a renversée, ignoraient la structure, l'existence même de la muqueuse utérine. Au contraire, on la connaît aujourd'hui d'une manière si parfaite, qu'il est impossible de ne pas la reconnaître partout où elle s'offre à l'observation ; or, nous la retrouvons, avec tous ses caractères, dans la membrane caduque.

Déjà Seiler (2), après Sabatier et Mayer, regardait la caduque comme un développement de la membrane interne de l'utérus. Quelques années après, Geohegan, de Baer, C.-H. Weber, Ed. Weber, John Reid, Montgomery, Robert Lee et Sharpey (3) montrèrent, dans la caduque, de nombreux tubes cylindriques, flexueux, terminés en cul-de-sac, s'ouvrant à la face interne de cette membrane, et remplissant les fonctions de glandes. Enfin Coste (4) démontra, sur des pièces normales, que la caduque utérine est formée par l'hypertrophie pure et simple de la muqueuse de la matrice, laissant ouverts les trois orifices du col et des trompes, se détachant peu à peu, par exfoliation, à la fin de la grossesse et au moment de la

(1) BOJANUS, *Rec. cit.*

(2) *Die Gebærmutter und das Ei des Menschen in den erstern Schwangerschaftsomonaten.* Dresde, 1832.

(3) *Elements of physiology by* J. Müller, t. II. London, 1842.

(4) *Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1842.

parturition. Courty (1) a défendu cette opinion, en donnant de nouvelles preuves en sa faveur, et en démontrant la fausseté de la théorie d'une pseudo-membrane. Robin (2) a fourni tout récemment, à l'appui de la même cause, des arguments tirés de la structure intime des tissus, qui ne laissent plus de prise à la contradiction.

Il est donc certain aujourd'hui que la caduque se forme par l'hypertrophie de la muqueuse utérine. Bischoff (3) qui, après avoir admis dans cette membrane les prétendues villosités décrites par Weber, avait adopté plus tard en partie l'opinion de Coste, est dans l'erreur, en admettant, contrairement aux faits, qu'il se joint encore à la muqueuse de la matrice une exsudation plastique. L'apparence de villosités est une disposition anatomique artificielle, due à l'altération qu'a fait éprouver à la muqueuse un commencement de putréfaction dans l'eau. Il n'y a pas non plus d'exsudation plastique, ni de formations pseudo-membraneuses

Quand l'œuf arrive dans l'utérus, la membrane muqueuse, préparée à le recevoir, présente les caractères qu'elle a pendant la menstruation, mais exagérés. Elle est très vasculaire, gonflée par un abord de sang considérable et un excès de développement de tous ses éléments, molle, tomenteuse, offrant des saillies et des dépressions, des espèces de plis plus ou moins profonds, destinés à recevoir l'œuf et à le retenir. Mais, comment cette membrane, adhérente d'une part à l'utérus, peut-elle d'autre part envelopper aussi l'œuf, et former la portion de caduque que W. Hunter désigna sous le nom de caduque réfléchie? Quoiqu'on vît une continuité évidente entre celle-ci et la caduque utérine, il était difficile de répondre à cette question, avant que Coste (4) n'en eût trouvé la solution dans deux utérus au vingtième et au vingt-cinquième jour de la gestation.

L'inspection de ces œufs, peut-être les plus jeunes qu'on ait trouvés à l'état normal dans l'intérieur de l'utérus, démontre que la caduque vraie, ou muqueuse utérine, se continue directement avec la caduque réfléchie : la surface de ces deux membranes a un aspect pointillé et vasculaire identique ; les glandules utérines existent dans le tissu de l'une et de l'autre ; les vaisseaux de l'une se continuent, en offrant absolument la même disposition, avec les vaisseaux de l'autre. Quant au mécanisme par lequel la caduque vraie arrive à former la caduque réfléchie, on voit, sur ces pièces, le plus jeune des deux œufs placé, pour ainsi dire, dans un simple dédoublement de la muqueuse utérine, et ne faisant, à la face interne de l'utérus ouvert, qu'une saillie diffuse comme celle d'un abcès sous-cutané ; le plus âgé offre, du côté opposé à sa portion adhérente, une sorte de cicatrice ou d'ombilic caducal, indiquant le point dans lequel les plis de la caduque, s'élevant autour de lui et se fermant circulairement sur son pôle libre comme une bourse dont on tirerait les cordons, sont venus se joindre pour le clore de toutes parts.

La caduque réfléchie est donc constituée simplement par la caduque ou muqueuse utérine hypertrophiée circulairement autour de l'œuf. Elle enveloppe peu à peu celui-ci, en formant autour de lui, selon l'expression de Coste, un bourrelet circulaire qui s'élève de plus en plus, comme on voit les bourgeons charnus s'élever autour d'un cautère, dont ils tendent à ensevelir le pois dans leur intérieur (5). Le petit volume de l'œuf, aux premiers jours de la gestation, rend facile son enveloppement complet. Les vaisseaux nombreux et volumineux de

(1) *De l'œuf et de son développement*, p. 127.
(2) *Mém. cité dans les Archiv. génér. de méd.* 1848.
(3) *Müller's Archiv.* 1846, p. 116.
(4) *Comptes rendus de l'Acad. des sciences.* 1847.
(5) Voy. pl. 2, fig. 8, 9.

la caduque, et de l'expansion de cette membrane, d'où naît la caduque réfléchie, permettent à celle-ci d'accroître facilement ses dimensions. A mesure que l'œuf grossit et la distend, on voit son tissu s'amincir et ses vaisseaux s'atrophier, à partir de l'ombilic ou point central opposé au placenta, et en allant jusqu'à la périphérie ou portion adhérente, où se font les points de réflexion de la caduque utérine en caduque réfléchie. Enfin, par suite de l'augmentation continue du volume de l'œuf, la caduque réfléchie finit par devenir *anhyste*; et, vers la fin de la grossesse, il en est presque de même de la caduque utérine. Mais il s'en faut bien que ce caractère négatif ait appartenu primitivement à ces deux membranes, ainsi que le supposait Velpeau, qui, ne les ayant observées qu'à une époque avancée de la gestation, les avait désignées de ce nom, pour exprimer l'absence de toute vascularité, de toute structure.

Quant à la prétendue *decidua serotina*, de Bojanus, il est facile de reconnaître que, au lieu d'être une exsudation consécutive, déposée, postérieurement à la formation de la caduque, entre l'œuf et la portion de paroi musculaire de l'utérus contre laquelle se développe le placenta, elle est simplement une partie de la caduque ou muqueuse utérine, se trouvant naturellement placée entre la paroi de la matrice et la surface de l'œuf, quel que soit le point de cet organe sur lequel l'œuf s'arrête. Cette portion de muqueuse est destinée à former le placenta maternel, et à tomber, dans l'espèce humaine, en même temps que l'œuf, ou du moins, peu après la parturition, en même temps que la caduque et les autres enveloppes fœtales.

Si nous étudions maintenant la structure des caduques, nous reconnaîtrons que ces membranes sont formées exclusivement des mêmes éléments anatomiques que la muqueuse de la matrice : glandes tubuliformes, vaisseaux interposés et formant réseau à la surface, épithélium cylindrique, matière amorphe unissante, fibres dartoïques, tissu cellulaire, éléments fibro-plastiques, tous s'y retrouvent et concourent à démontrer l'identité de ces membranes. Mais tous se sont, pour ainsi dire, gonflés et ont acquis plus de mollesse, plus de transparence, surtout plus de volume. Les dimensions de tous ces éléments se sont accrues, comme celles des vaisseaux, comme celles des fibres musculaires de l'utérus, pour s'accommoder aux nouvelles fonctions de l'organe.

Ainsi, on retrouve l'épithélium de la muqueuse utérine à la surface des caduques; on le retrouve même après l'accouchement, sur les portions de caduque adhérentes au chorion. Les cellules sont plus pâles, très adhérentes entre elles. A la surface du placenta maternel, portion de caduque utérine qui est en contact avec le placenta fœtal, on trouve aussi des cellules d'épithélium; mais, d'après Robin (1), celles-ci paraissent avoir perdu les caractères de l'épithélium cylindrique : elles sont circulaires ou ovoïdes, et leur noyau est pourvu d'un ou deux nucléoles. En général, sur la caduque, les cellules épithéliales et leurs noyaux sont augmentés de volume : celles-ci ont perdu leurs cils vibratiles, mais elles sont toujours réunies en feuillets épithéliaux.

On y retrouve de même les éléments fibro-plastiques. Les noyaux ont acquis un volume qui peut dépasser le double du volume habituel, et une plus grande transparence, tout en conservant la netteté de leurs bords. Les fibres fusiformes augmentent surtout dans leur diamètre transverse, au point que quelques unes deviennent cinq ou six fois plus larges; elles atteignent une longueur double ou

(1) *Mém. cit. Archiv. génér. de méd.* 4e série, t. XVIII, p. 200.

triple de leur longueur normale; leur noyau devient en tout semblable aux noyaux libres.

Les fibres du tissu cellulaire ont conservé leur teinte pâle, mais leur diamètre a presque doublé. Souvent elles sont réunies en faisceaux lâches, flexueux ou rectilignes, mais non régulièrement onduleux comme dans le tissu celluleux intermusculaire. Leurs bords sont moins nets, et leur texture beaucoup moins serrée, parce qu'elles sont empâtées dans la matière amorphe unissante.

Celle-ci, en effet, s'est accrue considérablement et s'est interposée entre elles. De là, cette moindre consistance de la membrane muqueuse devenue membrane caduque et cet aspect particulier, qui, d'ailleurs, ne rappelle nullement celui des membranes de nouvelle formation; pas plus que la matière amorphe et les autres éléments de la muqueuse utérine, hypertrophiée normalement, n'ont d'analogie avec la substance finement granulée fibroïde des pseudo-membranes. Une matière amorphe s'est produite, il est vrai, en grande abondance, dans la muqueuse de la matrice, mais elle a été déposée dans toute son épaisseur, entre chacun de ses éléments, eux-mêmes hypertrophiés, et non à sa surface, sous forme d'une exsudation pseudo-membraneuse dont on avait supposé gratuitement l'existence. Cette matière unissante est, du reste, parsemée d'un nombre très considérable de granulations moléculaires, dont les unes ressemblent à celles qui s'y rencontrent normalement, dont les autres, à teinte jaune ambrée, à centre brillant, à contour net et foncé, sont fréquemment disposées en groupes : de semblables granulations se trouvent encore développées sur les fibres fusiformes, et en cachent quelquefois le noyau.

Les glandes du corps de la matrice, signalées déjà dans la caduque utérine par Krause (1), Berres (2), et d'autres anatomistes cités plus haut, acquièrent jusqu'à 5 ou 6 millimètres de longueur. En même temps, leurs flexuosités disparaissent : il semble que ces petites glandes tubuleuses, inactives pendant la vacuité de l'utérus, sont alors atrophiées et trop longues pour l'épaisseur relativement faible de la membrane muqueuse ; tandis qu'elles se redressent, en quelque sorte, quand la muqueuse augmente de volume, pour s'atrophier ensuite vers le troisième mois, lorsque cette membrane devient réellement caduque et commence à prendre le caractère anhyste. Les glandes du col n'entrent en fonction que pendant la grossesse, et ne cessent pas d'agir tout le temps qu'elle dure. La matière qu'elles sécrètent est transparente, demi-solide, très tenace et forme le *bouchon gélatineux* qui oblitère le col utérin pendant la gestation.

Les vaisseaux présentent, dans la caduque, le même mode de distribution que dans la muqueuse de l'utérus. Mais leur volume est devenu énorme, jusqu'au troisième mois, époque après laquelle il commence à diminuer. Le réseau superficiel surtout est remarquable par son accroissement : les légères dilatations normales, que nous y avons signalées, deviennent de vrais sinus, longs de 10 à 20 millimètres et larges de 4 à 5. Ces sinus se prolongent sur le bourrelet qui forme la caduque réfléchie, jusqu'auprès de l'ombilic caducal; mais ils commencent à s'atrophier dès le quarantième jour. Ils sont très vastes dans la portion de caduque interposée à l'utérus et au placenta fœtal, et communiquent entre eux à l'infini, de manière à représenter une sorte de lac de sang, cloisonné çà et là.

(1) *Handbuch der Anatomie*, t. 1, p. 565.
(2) *Jahrb. d. æstr. Staates*. N. F. Bd. 13. p. 538. *Abbildung. mikros. Gebilde*. Heft 10, t. 19.

Le *placenta maternel*, décrit dans ces dernières années par Jacquemier (1), Bonamy (2), et quelques autres anatomistes et accoucheurs, sous le nom de tissu *inter-utero-placentaire*, n'est autre chose que cette portion de caduque ou muqueuse utérine, considérablement hypertrophiée, creusée de vastes lacs sanguins, établissant les relations de la mère au fœtus. Il est en rapport, par sa face externe, avec le tissu musculaire de l'utérus, qui lui envoie ses nombreux et larges vaisseaux; par sa face interne, avec les villosités du chorion converti en placenta fœtal. Les vaisseaux capillaires de ce dernier, plongeant dans les énormes sinus de cette portion de caduque (3), y exercent, au profit de l'œuf, une absorption étendue et continuelle des sucs nutritifs destinés à l'accroissement de l'embryon.

A la circonférence du placenta, la caduque est très épaisse. Dans cette sorte de bourrelet circulaire, on voit la veine coronaire décrite par Meckel et Jacquemier. Cette veine, entourant le placenta, quelquefois incomplétement, est très volumineuse dans certaines parties de son étendue, très étroite dans d'autres. Elle communique largement avec les sinus utérins, dont elle offre, d'ailleurs, l'aspect : c'est un sinus creusé dans la membrane caduque, plutôt qu'une véritable veine.

Le mécanisme, par lequel les villosités du placenta fœtal pénètrent dans les vastes sinus veineux du placenta maternel, n'est pas encore bien connu. D'après Sharpey, le placenta de la chienne est formé par la pénétration des villosités fœtales dans les canaux glandulaires ramifiés de l'utérus, qui sont entourés, comme chez la femme, d'un réseau vasculaire très riche. Les canaux et les villosités, croissant et se ramifiant sans cesse, s'engrènent de plus en plus les uns dans les autres, au point que la paroi des vaisseaux du fœtus arrive enfin à être en contact avec la paroi des vaisseaux de la mère.

Il n'est pas certain qu'il en soit de même dans l'espèce humaine. Il est plus probable que les touffes de villosités fœtales, s'enfonçant dans les espaces que forment à la surface de la caduque les plis dont cette membrane est partout soulevée, se creusent des espèces de loges dans ces cavités primitivement superficielles, en même temps que les plis s'accroissent autour d'elles et les embrassent dans toutes leurs divisions, de la même manière que la caduque réfléchie embrasse la totalité de l'œuf. Les vaisseaux prennent un développement considérable, tandis que les autres éléments de la muqueuse s'atrophient, et peu à peu les parois vasculaires très molles des deux systèmes fœtal et maternel arrivent au contact et contractent des adhérences. Les vaisseaux du fœtus conservent, relativement à ceux de la mère, un calibre peu considérable qui permet au sang de circuler rapidement des vaisseaux afférents aux vaisseaux efférents; tandis que ceux de la caduque se dilatent considérablement dans toute leur portion veineuse, de manière à former les vastes cavités dans lesquelles s'accumule le sang.

On comprend ainsi comment une injection, poussée par les vaisseaux de la mère, passe rarement dans ceux de l'enfant; au lieu que la transition s'effectue sans peine, quand on opère en sens inverse. Il est impossible, d'ailleurs, de soutenir encore avec Flourens (4), l'hypothèse d'une communication directe entre les vaisseaux de la mère et ceux du fœtus.

(1) *Archiv. génér. de méd.* 3e série, t. III. 1838.
(2) *Gazette médicale*, 28 mars 1840.
(3) Voy. pl. II. fig. 7, *n*, caduque. La portion réfléchie est colorée en bleu, comme la portion utérine. Dans la portion placentaire, on voit plonger les villosités (*q*) du placenta fœtal.
(4) *Ann. des sc. nat.* 2e série. Zoologie, t. V, p. 65.

La situation du placenta, dans la matrice, correspond généralement à l'insertion de l'une des deux trompes : on le rencontre le plus souvent en avant, mais souvent aussi en arrière. Ce lieu d'élection dépend de la sortie même de l'œuf du canal vecteur; l'œuf, s'attachant à la matrice peu de temps après son arrivée dans cet organe, ne peut se fixer que dans un point assez rapproché de l'orifice de la trompe. On reconnaît, chez les femmes enceintes, le point d'insertion du placenta, par le bruit de souffle que produit le sang, en passant des artères utérines dans les grands lacs veineux qui leur font suite.

Lorsque les villosités fœtales prennent un développement énorme, sur le point de l'œuf adhérent à la paroi utérine, et forment le placenta définitif ou placenta proprement dit, les autres villosités du chorion s'atrophient. Alors aussi la caduque se développe considérablement, dans le point correspondant, pour former le placenta maternel, mais en même temps sa portion réfléchie s'atrophie, perd ses vaisseaux, s'amincit, par suite de la distension que détermine l'accroissement de l'œuf, et n'a plus aucun usage (1). Un peu plus tard, vers le quatrième mois de la grossesse, la partie utérine elle-même de cette membrane commence à perdre les caractères de vitalité énergique qu'elle avait eus jusqu'alors; elle devient chaque jour moins adhérente aux parois utérines; elle s'amincit, s'atrophie et devient véritablement caduque.

Pendant les premiers temps de la gestation, les deux caduques sont éloignées l'une de l'autre par une matière albumineuse, sanguinolente, plus ou moins fluide, qui baigne la cavité de l'utérus. Mais, par suite du développement de l'œuf, elles arrivent au contact. L'espace qui les séparait a disparu vers la fin du quatrième mois. Bientôt enfin elles adhèrent tellement entre elles, qu'il devient impossible de les séparer. La membrane unique, résultant de l'accolement de ces deux feuillets, s'amincit ensuite de plus en plus, tandis que la portion placentaire continue à croître avec les progrès de l'œuf; mais elle ne disparaît pas entièrement. Peu de temps après la naissance, elle sort avec l'arrière-faix, c'est-à-dire avec le placenta et les autres enveloppes de l'œuf. On peut même la séparer quelquefois de ces dernières (chorion et amnios), et retrouver encore, sur la face adhérente au chorion, les vestiges des cellules épithéliales dont elle est tapissée.

Enfin, en même temps que la caduque utérine commence à s'atrophier, vers le quatrième mois de la grossesse, on voit paraître, entre elle et la paroi musculaire de la matrice, une membrane très mince, molle, feutrée, homogène. Cette membrane, de formation nouvelle, est la première trace de la muqueuse qui succédera à la caduque après l'accouchement. Elle s'épaissit peu à peu, et, après la délivrance, elle tapisse la face interne de l'utérus, de manière que les fibres musculaires de cet organe ne restent pas à nu.

Cette nouvelle membrane, décrite par Colin (2) comme un reste de l'ancienne caduque, a, d'après Robin, la même composition anatomique et la même texture que la caduque entraînée par le chorion et que la muqueuse dans l'état de vacuité de la matrice. C'est une régénération de la muqueuse utérine. Du vingtième au trentième jour après l'accouchement, elle commence à prendre l'aspect de cette

(1) Voy. pl. II, fig. 7.
(2) *Dissertation inaugurale*. Paris, 1847.

dernière : d'abord pulpeuse, plus molle, plus épaisse, plus vasculaire que la muqueuse de la matrice à l'état normal, elle achève de reprendre les caractères de celle-ci vers le soixantième ou soixante-dixième jour après la délivrance.

La muqueuse du col ne subit pas les mêmes modifications que celle du corps, et surtout ne se détache pas comme la caduque; elle augmente seulement de volume. Un bord déchiqueté, existant après l'accouchement à la jonction du corps et du col de la matrice, est la trace de la déchirure produite par l'arrachement de la muqueuse du corps.

Les *usages de la caduque* sont de protéger l'œuf et surtout de pourvoir à sa nutrition. Elle est appelée à former, par un de ses fragments, le *placenta maternel*, de même que l'allantoïde est destinée à constituer, par le développement d'un certain nombre de ses villosités, le *placenta fœtal.*

GROSSESSE.

Grossesses multiples. — Grossesses extra-utérines.

L'œuf, en subissant les phases de son évolution, acquiert un volume considérable; l'embryon, contenu dans sa cavité, devient fœtus, et prend, de son côté, un développement qui augmente beaucoup le poids de l'œuf. Pour se prêter à ces augmentations de volume et de poids, pour suffire à la nutrition du jeune, pour se préparer à opérer son expulsion, la matrice se dilate, acquiert une texture musculaire plus prononcée, reçoit une plus grande quantité de sang. Les autres organes de la sphère génitale participent plus ou moins à ces modifications. Les seins se développent et se disposent à sécréter du lait. L'économie entière éprouve le retentissement du travail formateur dont l'utérus est le siége. En un mot, des dispositions nouvelles communes et particulières, de nouvelles réactions organiques générales et locales, caractérisent la *grossesse.*

La grossesse dure ordinairement, chez la femme, deux cent soixante-dix jours ou neuf mois solaires, depuis le moment de la conception jusqu'à celui de l'accouchement. Mais ce terme n'est pas invariable; il n'est pas rare de voir la grossesse se terminer plus tôt; il est beaucoup moins fréquent de la voir se continuer plus tard.

Des modifications anatomiques et physiologiques que cet état apporte dans l'économie, les unes sont locales, les autres sont générales.

Les changements les plus remarquables surviennent dans l'utérus : ils portent sur le volume, la forme, la direction, la situation et la structure de cet organe.

Dès que l'œuf arrive dans la matrice, celle-ci se développe, et son volume va toujours croissant jusqu'à la fin de la grossesse. Du reste, cette progression n'est pas uniforme. Suivant l'observation de Desormeaux, elle est beaucoup plus lente dans les premiers mois, plus rapide dans les derniers. Ce mode d'accroissement est en proportion de celui de l'œuf dans la première et dans la seconde période de la gestation.

La forme de l'utérus change en même temps que son volume. D'abord aplatie sur ses deux faces, la matrice s'arrondit, devient bientôt pyriforme, puis sphé-

roïdale, pour prendre enfin, vers le terme de la grossesse, la forme d'un ovoïde légèrement déprimé d'avant en arrière; sa face antérieure est bombée, sa face postérieure est déprimée pour s'accommoder à la saillie lombaire.

Sa situation offre des différences en rapport avec ces différences de volume et de forme. Pendant les trois premiers mois, le fond s'élève vers le détroit supérieur, et se renverse un peu en arrière; la partie inférieure et le col s'abaissent vers le plancher du bassin et se portent un peu en avant, mais la matrice reste encore plongée dans l'excavation pelvienne: son augmentation de volume et de poids est la cause de cet abaissement. Plus tard, l'organe gestateur, ne trouvant plus assez d'espace dans l'excavation pour continuer à s'y développer, s'élève au-dessus du détroit supérieur, puis au niveau de l'ombilic, et atteint, à la fin de la grossesse, la région épigastrique. Toutefois, dans la dernière quinzaine, il subit un léger abaissement, qui provient de ce que la tête du fœtus commence à s'engager dans l'excavation.

A mesure que l'utérus s'élève dans la cavité abdominale, il suit la direction de l'axe du détroit supérieur. Repoussé, en outre, par la colonne lombaire, et trouvant beaucoup moins de résistance dans la paroi abdominale antérieure, il se porte en avant. Enfin, comme il lui est impossible, à cause de la saillie lombaire de rester sur la ligne médiane, il s'incline vers un des côtés de l'abdomen, et c'est habituellement vers le côté droit.

Dans les trois premiers mois, l'épaisseur des parois utérines augmente un peu. Vers le cinquième mois, elle est la même qu'à l'état normal; il en est de même au terme de la grossesse, excepté au niveau du placenta où l'épaisseur est plus considérable, et au niveau du col où elle est beaucoup moindre. Quant à la consistance de ces mêmes parois, elle va toujours en diminuant jusqu'à la fin de la gestation.

Mais les modifications les plus remarquables de l'utérus, pendant la grossesse, portent sur la texture même de cet organe. Sans parler ici des changements de rapport de sa tunique séreuse, qui dépendent des changements de volume et de position de la matrice; sans parler non plus des modifications de la membrane muqueuse, que nous avons étudiées longuement en faisant l'histoire de la caduque; décrivons rapidement les variations que subit la portion moyenne. Cette portion constitue, à proprement parler, les parois de la matrice. Si la nature et l'arrangement des fibres qui la composent est difficile à caractériser dans l'état de vacuité, il n'en est pas de même pendant la gestation. Les propriétés des fibres musculaires deviennent alors évidentes. La disposition des muscles formés par ces fibres n'est pas moins manifeste; des fibres transversales, nées du ligament rond, de la trompe de Fallope, du ligament de l'ovaire et des ailerons du ligament large, se portent, en rayonnant, sur toute la surface extérieure de l'utérus, et s'entrecroisent pour passer chacune du côté opposé à celui où elle a pris naissance. De cet entrecroisement, résulte une sorte de muscle longitudinal médian, qui s'étale principalement sur tout le fond de l'organe. Ces premières fibres constituent une couche musculaire externe. A l'intérieur de l'utérus existe une couche musculaire semblable. Enfin un plan musculaire moyen, offrant des dispositions analogues, se trouve interposé aux deux. L'entrecroisement des fibres sur le fond de la matrice, constitue le plan musculaire à fibres circulaires et concentriques, décrit par Mme Boivin comme appartenant aux angles supérieurs de cet organe.

Les artères et les veines utérines se dilatent considérablement. Ces dernières surtout se présentent, au milieu du tissu musculaire, sous forme de canaux volumi-

neux, parcourant en tous sens la paroi de la matrice, s'anastomosant entre eux et formant de larges confluents à leur réunion. Ces sinus sont très larges principalement dans le point qui correspond à l'insertion du placenta ; quelques uns peuvent recevoir l'extrémité du petit doigt. Les artères utérines sont enveloppées d'une gaine celluleuse très ténue, mais très distincte. Les veines, au contraire, sont réduites à leur tunique interne qui adhère, d'une manière très intime, au tissu musculaire ; on ne trouve dans leur intérieur aucune valvule.

Ainsi les fibres musculaires, les vaisseaux des parois de l'utérus, augmentent de volume, comme les éléments de la membrane muqueuse du même organe, et subissent des modifications analogues à celles que nous avons signalées dans les glandules, les vaisseaux, les fibres, les corps fusiformes de la membrane caduque.

Le tissu du col se ramollit dès le début de la grossesse. Ce ramollissement, peu sensible et borné à la partie inférieure durant les premiers mois, envahit successivement, de bas en haut, toute l'étendue du col ; il est beaucoup moins prononcé et moins rapide dans sa marche chez les primipares que chez les femmes déjà mères. La cavité du col se dilate en même temps que ses parois se ramollissent ; mais, tandis que l'orifice externe reste fermé jusqu'à la fin de la grossesse chez les primipares, il est au contraire largement ouvert, et constitue la base d'une sorte d'entonnoir, chez les femmes qui ont eu déjà un accouchement. Enfin le col conserve ses dimensions jusqu'à la moitié du dernier mois ; dans la dernière quinzaine, toute sa longueur disparaît, et sa cavité se confond avec celle du corps utérin.

La sensibilité de l'utérus, si obscure pendant l'état de vacuité qu'on peut toucher cet organe, le heurter, le cautériser même, sans que la femme en ait, pour ainsi dire, conscience, devient beaucoup plus marquée pendant la grossesse. Elle ne paraît pas se développer considérablement dans le corps, mais elle existe à un assez haut degré dans le col. Il s'établit, dès lors, une relation sympathique très remarquable entre le corps et le col ; les excitations portées sur le col réagissent sur les fibres du fond, et déterminent souvent, par suite de la contraction de ces dernières, l'expulsion prématurée du fœtus.

En même temps se développent, dans la matrice, des propriétés physiologiques nouvelles : la contractilité organique et la contractilité de tissu. La première est cette faculté, acquise par les fibres de l'utérus, de se resserrer sur le contenu de cet organe, pour l'expulser de sa cavité. Cette véritable contraction musculaire se manifeste sous l'influence d'un stimulant quelconque et s'accompagne toujours de douleurs. La seconde est la propriété que possède la matrice de revenir peu à peu sur elle-même, après s'être vidée, et d'oblitérer presque complétement sa cavité.

Ces changements considérables de l'utérus amènent des changements fort importants aussi dans les organes voisins, et dans ceux qui lui sont liés par la communauté de but, la reproduction.

Ainsi, en s'élevant graduellement dans l'abdomen, l'utérus entraîne après lui le péritoine qui le recouvre, et efface les ligaments larges ; tandis que les trompes et les ovaires se trouvent rapprochées des parois latérales de son corps et dans une direction à peu près verticale.

Le vagin se raccourcit, en s'élargissant, dans les premiers temps de la grossesse, il s'allonge ensuite à mesure que la matrice s'élève. La circulation devient plus

active dans ses parois et le système veineux surtout y prend un grand développement. A dater du huitième ou septième mois, les follicules sécrètent des mucosités : cette sécrétion commence quelquefois avant cette époque, plus souvent elle n'arrive qu'à un moment plus voisin encore de l'accouchement.

Les symphyses du bassin se relâchent. La peau du ventre, très distendue, présente, surtout à sa partie inférieure, des vergetures brunes ou bleuâtres ; la dépression ombilicale disparaît peu à peu. Le diaphragme, refoulé par l'utérus et la masse intestinale, cause une certaine gêne dans la respiration. Les troncs vasculaires, qui viennent des extrémités inférieures ou qui s'y rendent, sont comprimés par l'utérus, et, de cette gêne apportée à la circulation, résultent souvent des œdèmes considérables des membres inférieurs et des parties sexuelles, ainsi que le développement de tumeurs hémorrhoïdales. La même cause, c'est-à-dire la compression exercée par la matrice, produit aussi une constipation habituelle, et quelquefois des troubles digestifs.

La vessie est peu à peu refoulée au-dessus du détroit supérieur. La pression, exercée sur son corps et sur son col, amène souvent un ténesme vésical très incommode. D'un autre côté, la sécrétion urinaire paraît modifiée. Nauche (1) et, après lui, Eguisier, Tanchou, Letheby, Stark, Kant, ont décrit, dans l'urine des femmes enceintes, une substance organique particulière, se manifestant, par le repos, sous la forme de filaments qui se réunissent à la surface du liquide en une couche assez épaisse : cette substance porte le nom de *kiestéine*. Mais, outre que ses caractères chimiques sont tous négatifs, et que ses caractères microscopiques n'ont pas encore été étudiés, la cause de sa production nous est inconnue, et l'on peut même dire que sa présence n'est peut-être pas un signe positif de gestation. Toutefois, il paraît qu'on l'a retrouvée assez constamment chez les femmes enceintes, à partir du troisième mois.

Les mamelles se modifient, comme les organes générateurs dont elles dépendent, pour se préparer aux fonctions qu'elles sont destinées à remplir après l'accouchement. Elles se gonflent dès le début de la grossesse, se durcissent, deviennent quelquefois le siége de picotements et même de véritables douleurs. Après le second mois, le mamelon se tuméfie aussi, devient plus érectile, plus saillant, plus sensible ; sa couleur est plus foncée. L'aréole prend une coloration jaune ou brunâtre de plus en plus marquée ; de petites glandules et des papilles proéminent vers sa partie centrale ; des troncs veineux assez considérables se dessinent à sa surface et sur une partie du sein plus ou moins étendue. Ainsi se prépare la sécrétion du lait.

Enfin, les influences, dues au développement de la matrice et au travail dont elle est le siége, retentissent sur l'économie entière. Le poids du fœtus, la distension de la matrice qui s'empare de l'espace destiné aux autres organes, produisent, à la fin de la grossesse, des incommodités sur lesquelles nous venons d'appeler l'attention. Mais des accidents d'une autre nature se manifestent au début de la gestation : ils dépendent de la nouvelle direction que prend l'activité vitale et sont d'autant plus pénibles que l'organisation est plus délicate, que la sensibilité prédomine davantage ; aussi sont-ils, en général, plus prononcés à l'époque de la première grossesse.

Au commencement même de la gestation, des troubles divers peuvent éclater du

(1) *Journal de chimie médicale*. Février 1839. — *Journ. des conn. méd.* 1839, p. 184.

côté de l'appareil digestif, tels que, un défaut absolu d'appétit, des nausées fréquentes, des vomissements, de la salivation, ou des appétits bizarres connus sous le nom de *pica*. Plus tard, au contraire, on voit habituellement tous les actes de plasticité s'effectuer avec plus d'énergie : l'appétit augmente, la digestion se fait bien, la nutrition acquiert plus d'activité, l'hématose est abondante et fréquemment la pléthore survient. Le sang devient plus riche en parties solides, notamment en fibrine, et l'exaltation d'activité du système sanguin, franchissant les limites de la santé, occasionne souvent des congestions ou des hémorrhagies. Souvent aussi un travail pathologique commencé dans un autre point de l'économie, la tuberculisation pulmonaire, par exemple, s'arrête pendant toute la durée de la gestation, pour ne reprendre sa marche qu'après l'accouchement.

Des modifications sympathiques s'observent également dans le moral. Pendant la grossesse, les femmes ont ordinairement une susceptibilité plus grande; elles se montrent impatientes, irascibles, entraînées quelquefois par des désirs bizarres. En général aussi, leur caractère devient plus sérieux; l'amour qu'elles portent à leur fruit s'exprime par le soin plus minutieux qu'elles prennent de leur propre corps elles aiment le repos et le sommeil, elles évitent les mouvements et les efforts.

Grossesses multiples.

Il arrive quelquefois qu'au lieu d'un seul fœtus la matrice en renferme deux ou un plus grand nombre. Alors la grossesse est dite *multiple*. Les grossesses doubles sont assez fréquentes : on en rencontre 1 sur 70 ou 80. Les grossesses triples sont au contraire fort rares : on n'en a compté que 5 sur 37,441 accouchements.

La grossesse double est ordinairement attribuée à ce que deux ovules se sont détachés à la fois de l'ovaire. Ces deux ovules peuvent provenir de deux vésicules de De Graaf, ou d'une seule de ces vésicules : il peut se faire aussi que la grossesse double dépende de la présence de deux vitellus dans un seul œuf, cas qui n'est pas rare chez la poule. Les dispositions que présentent plus tard les œufs multiples, permettent de croire à la possibilité des deux cas. Toutefois, l'intelligence de ces dispositions elles-mêmes ne laisse pas de présenter des difficultés.

Quelquefois on trouve les œufs tout à fait séparés dans la matrice, ayant chacun sa caduque, son chorion, son placenta, son amnios. D'autres fois, toutes les enveloppes sont doubles, à l'exception de la caduque qui est unique. Il est probable que, dans ce dernier cas, les deux ovules sont arrivés dans la matrice en même temps et du même côté; tandis que, dans le premier, ils sont venus des deux ovaires. Dans d'autres cas, il n'existe autour des deux fœtus qu'un seul chorion, et même on cite des exemples d'embryons contenus dans un seul amnios : si l'on se rappelle que l'amnios et le chorion proviennent du fœtus, on verra qu'il est impossible de se rendre raison de ces faits, sans admettre qu'il existait primitivement deux chorions, deux amnios, qu'une cloison devait séparer primitivement les jumeaux, et que cette cloison s'est détruite à une époque plus ou moins avancée de la grossesse.

Dans les grossesses doubles, il y a le plus ordinairement deux placentas en contact l'un avec l'autre, ou unis par une espèce de pont membraneux ; mais il n'existe entre eux aucune communication vasculaire. Reynolds (1) rapporte l'observation d'une grossesse gémellaire dans laquelle un seul cordon, partant d'un placenta

(1) *North American Archives of med. and surg.*, t. I, février 1835, n° 5, p. 508.

unique, se divisait plus loin en deux portions aboutissant chacune à un fœtus. Cette disposition remarquable ne peut s'expliquer que par une réunion précoce des deux allantoïdes; mais il n'est pas nécessaire, comme le suppose Bischoff (1), qu'il y ait eu fusion des deux amnios.

Du reste, toutes ces singularités des enveloppes de l'œuf, dans les grossesses multiples, sont, pour ainsi dire, des dispositions tératologiques de ces enveloppes, des fusions arrivées à un âge ordinairement très jeune, et comparables à celles qui, unissant entre eux les embryons des périodes les moins avancées, donnent naissance à la formation des monstres doubles.

Les grossesses doubles peuvent simuler la *superfétation*. S'il arrive, en effet, qu'un des deux fœtus meure à une époque plus ou moins éloignée de l'accouchement, et qu'ensuite il sorte de l'utérus en même temps que l'autre, ou même plus tard, on pourrait l'attribuer à une conception de beaucoup postérieure à celle qui a produit l'autre fœtus.

Lorsque deux copulations se font dans un temps très court, il peut y avoir deux conceptions et formation de deux embryons, l'un après l'autre. Mais, dans ce cas, les embryons se développent et sont expulsés simultanément; il y a, en quelque sorte, grossesse double, et l'on ne peut pas dire qu'il y ait, à proprement parler, superfétation. Tel est le cas, rapporté par Buffon, de cette femme qui accoucha de deux jumeaux, un blanc et un mulâtre.

Ce qui est plus difficile à expliquer, c'est le cas où deux enfants naissent presque en même temps et offrent un développement fort différent, ou arrivent longtemps l'un après l'autre, avec des proportions analogues. Or, pour qu'il y ait réellement ainsi superfétation, il faut qu'il existe un utérus double.

Grossesses extra-utérines.

Dans des cas rares, dont la science ne possède néanmoins que trop d'exemples chez la femme, il peut y avoir à la suite d'un coït fécondant, conception, formation d'un embryon, développement d'un fœtus jusqu'au terme naturel de son évolution, sans que ce développement s'opère dans la matrice. Il y a grossesse, mais *grossesse extra-utérine.*

Dans ces circonstances, le développement de l'œuf peut se faire sur l'ovaire, dans l'abdomen, dans la trompe, dans l'épaisseur des parois utérines. De là, les grossesses dites *ovarique*, *abdominale*, *tubaire*, *interstitielle;* sans compter toutes les nuances qu'on a établies des unes aux autres, et les dénominations de *tubo-ovarique*, *tubo-abdominale*, etc., qu'on leur a imposées.

Les causes des grossesses extra-utérines sont encore fort obscures.

Pour les grossesses tubaires, on conçoit qu'une inflammation adhésive dans tel ou tel point de la trompe, arrête l'œuf, ne lui permette pas de poursuivre son chemin vers la matrice, et l'oblige à se développer immédiatement au-dessus de ce point.

Mais cette explication ne peut s'étendre aux grossesses abdominales. Lallemand (2) et Marc (3) ont rapporté des observations, desquelles il résulterait, suivant eux, qu'un état spasmodique passager, causé par une émotion morale très vive pendant le coït, pourrait être quelquefois l'occasion d'une grossesse abdominale. On a supposé, pour expliquer ces faits, que la fécondation était instantanée, et que, le spasme ayant fait

(1) *Développement de l'homme*, p. 166.
(2) *Observ. patholog.*, etc., p. 16. Paris, 1818.
(3) *Dict. des sc. méd.*, t. XIX, p. 239.

cesser subitement l'érection de la trompe, l'œuf fécondé, au lieu de s'engager dans le pavillon, serait tombé dans la cavité péritonéale et s'y serait développé. Mais nous avons vu d'abord que le sperme met un certain temps à arriver du vagin dans les parties supérieures des trompes : en second lieu, comment concevoir que le spasme ait enlevé au conduit tubaire la faculté de recevoir et de conduire l'œuf, sans lui ôter celle de faire arriver la semence jusqu'à l'ovaire ? Une pareille explication nous semble inadmissible. On concevrait plutôt le phénomène de la manière suivante : l'œuf se trouvant déjà dans la trompe à une certaine profondeur, et le spasme causé par l'effroi déterminant dans ce canal des contractions *antipéristaltiques*, c'est-à-dire dirigées de l'utérus vers le pavillon, ces contractions hâteraient la marche du sperme vers l'œuf qui lui-même serait au contraire repoussé vers la cavité abdominale dans laquelle il finirait par tomber pour s'y développer ultérieurement (1).

Les grossesses tubaires et abdominales paraissent donc tenir à un obstacle quelconque, soit organique, soit dynamique, dépendant des trompes. Quand on considère, en effet, la structure et l'étroitesse de ces canaux, on comprend que des déviations, même légères, la paralysie, le spasme, l'excès ou le défaut de longueur de ces mêmes parties, l'engorgement, le boursouflement et les ulcérations de leur membrane muqueuse, l'endurcissement du pavillon, le resserrement de son orifice externe, en un mot, toutes les altérations ou anomalies signalées par les auteurs dans les trompes, puissent occasionner les gestations anormales ou pathologiques qui viennent d'être mentionnées.

Les grossesses ovariques n'existent pas, à proprement parler, en tant qu'il s'agit du développement de l'œuf dans une vésicule de De Graaf qui ne s'est point rompue. On a sans doute aussi désigné de ce nom, plusieurs grossesses simplement abdominales, dans lesquelles l'œuf avait contracté des adhérences plus ou moins intimes avec l'ovaire, et dissimulé les véritables rapports qu'il devait avoir primitivement avec cet organe. Toutefois, on conçoit qu'une position vicieuse du disque granuleux, retenant l'œuf dans la vésicule de De Graaf rompue, n'empêche pas ce dernier d'être fécondé, mais l'oblige à se développer dans le follicule de l'ovaire.

Dans les grossesses extra-utérines, l'œuf se développe comme dans les grossesses normales. Ses enveloppes, ses membranes, se forment de la même manière ; il se produit aussi un placenta fœtal, entrant en communication avec une sorte de placenta maternel qui se développe aux dépens des vaisseaux voisins et des tissus de la mère, dans le point même où l'œuf s'est greffé à l'organisme souche. Le plus souvent, l'utérus se développe aussi concurremment, du moins en partie, comme s'il contenait le fruit de la conception ; sa membrane muqueuse s'hypertrophie et forme une espèce de caduque (2).

(1) Voir plus haut, p. 136, 137.

(2) Consultez, pour plus de développements sur la grossesse, les divers traités de l'art des accouchements, et, en particulier, le traité de P. CAZEAUX, auquel nous avons emprunté la plupart des détails qui précèdent.

NOTA. Pour terminer ce qui a trait à la gestation, nous indiquerons ici, d'après Dugès, les animaux chez lesquels sa durée a été constatée : Eléphant, 2 *ans* ; Chameau, 1 *an* ; Zèbre, Anesse, Jument, 11 *mois* ; Baleine, Cachalot, 9 à 10 *mois* ; Vache, un peu plus de 9 *mois* ; Femme, 9 *mois* ; Biche, Daine, un peu plus de 8 *mois* ; Chevrette, 5 *mois et demi* ; Brebis, Chèvre, 5 *mois* ; Truie, 4 *mois* ; Louve, 3 *mois et demi* ; Chienne, 9 *semaines* ; Chatte, 8 *semaines* ; Furet, 6 *semaines* ; Lièvre, Lapin, Souris, 1 *mois* ; Cobaie, 3 *semaines*.

B. Développement de l'embryon.

Après avoir décrit le mode de formation de l'œuf et du sperme, l'union de ces deux éléments reproducteurs, et le développement de l'œuf fécondé, il nous reste, pour achever le tableau de la reproduction, à étudier le développement de l'embryon.

Si l'on excepte la découverte du *punctum saliens*, faite par Aristote dans l'œuf du poulet, on est forcé de convenir qu'aucun fait capital, relatif à la formation du nouvel individu, n'a été signalé jusqu'à Harvey (1), Fabrice d'Aquapendente (2), Malpighi (3) et Haller (4). Encore peut-on dire que la voie, suivie avec tant de succès par les observateurs de notre époque, n'a pas été ouverte par ces derniers anatomistes, qui, s'ils connurent l'état peu avancé des divers organes, et certaines périodes de leur développement, n'en ignorèrent pas moins l'origine de ces mêmes parties et la manière dont elles s'élèvent, peu à peu, du fonds commun préparé par la nature pour la mise en œuvre des formations embryonnaires.

Vers la fin du siècle dernier, G.-F. Wolff (5) donna le premier une bonne direction aux recherches embryologiques : son esprit pénétrant avait saisi, mieux que le génie de Haller, plusieurs circonstances importantes, relatives à l'origine des organes, surtout à celle de l'intestin et des parois abdominales. Dœllinger (6), Pander (7) aplanirent les premières difficultés de ces études, en esquissant un tableau complet de l'origine des organes chez le poulet. Bientôt ils furent suivis par E. de Baer (8) qui ne laissa guère à ses contemporains d'autre tâche que celle d'élucider certains points obscurs, de rectifier quelques erreurs, et de retoucher les défauts inhérents au premier jet d'un pareil travail. Nous aurons à signaler, dans le cours de cette exposition, les découvertes multipliées par lesquelles les contemporains de Baer ont contribué à parachever son œuvre, et celles non moins nombreuses dont s'enrichit chaque jour l'histoire du développement embryonnaire ; mais nous verrons en même temps qu'elles sont presque toutes des conséquences naturelles des observations dues au génie de cet anatomiste.

Dans la description des diverses formations organiques, nous ferons connaître d'abord les premiers développements de l'embryon, l'origine de ses différents systèmes, le mécanisme suivant lequel on voit se former, aux dépens d'un fonds primitivement commun, les groupes d'organes concourant à une même fonction, les diverses parties d'un même appareil, les éléments de chaque organe en parti-

(1) *Exercitationes de generatione animalium.* Londres, 1651.

(2) *Opera omnia anatomica et physiologica*, édition d'Albinus. Leyde, 1738.

(3) *De formatione pulli in ovo.* Londres, 1673. *Appendix*, etc. dans la *Biblioth. anat.* de Manget.

(4) Deux mémoires *Sur la formation du cœur dans le poulet.* Lausanne, 1758, et *Opera minora*, t. II.

(5) *Theoria generationis*, 1759, 2e édit. Halle, 1774. — *De formatione intestinorum*, etc.: traduit en allemand par J.-F. Meckel, Halle, 1812.

(6) *Malpighi, Iconum ad historiam ovi incubati spectantium censuræ specimen.* Wiecburgi. — *Beitræge zür Entwickelüngsgeschichte der menschlichen Gehirns.* Francfort, 1814.

(7) *Dissertatio sistens historiam metamorphoseos quam ovum incubatum prioribus quinque diebus subit.* Wurzbourg, 1817. Trad. dans *Arch. gén. de méd.*, t. I, p. 178. — *Beiträge zür Entwickelungsgeschichte der Hühnchen im Eie.* Wurzbourg, 1817. Trad. dans le *Journ. comp. du Dict. des sc. méd.*, t. XIV, p. 306.

(8) *Zur Entwickelungsgeschichte der Thiere. Beobachtung und Reflexion.* 1817-1837.

culier. Nous décrirons ensuite successivement la formation de tous les systèmes, réunis par groupes naturels suivant leur communauté d'origine. Il nous restera alors à rechercher comment se manifestent les caractères de la structure propre à chacun des organes, et à étudier le développement des tissus ou l'*histogénèse*. Enfin, de la connaissance de tous ces faits, nous pourrons déduire les lois générales du développement et porter un jugement sur les diverses théories de la génération.

Premiers développements de l'embryon. — Origine des divers systèmes organiques.

Après que les segmentations successives du vitellus ont atteint leur dernière limite, après que les innombrables sphérules résultant des divisions et subdivisions de la sphère primitive du jaune se sont appliquées sur la paroi interne de la membrane vitelline et transformées en véritables cellules, une sorte de vésicule ou de membrane sphérique s'est organisée, par suite de la cohésion que ces cellules ont contractée les unes avec les autres. Cette nouvelle membrane (*blastoderme*) est concentrique à la membrane vitelline. Elle est déjà plus que le germe, elle est l'individu nouveau.

Cette dernière manifestation de l'individualité du germe est remarquable dans certaines espèces. Chez un grand nombre de mollusques, à peine le blastoderme est-il formé, qu'il se hérisse de cils vibratiles et qu'il devient animé : son animation se traduit, non seulement par les mutations organiques dont il est le siége, comme chez les animaux supérieurs, mais par un mouvement propre dont il se donne à lui-même l'impulsion à l'aide de ses cils vibratiles. Ainsi, l'on voit la masse globuleuse du blastoderme tourner dans la cavité de la membrane vitelline, et poursuivre son *mouvement de rotation* pendant que le développement des organes embryonnaires s'opère à ses dépens.

Le blastoderme formé, le premier changement qu'on découvre en lui, chez les mammifères, consiste dans l'apparition d'une tache obscure, d'abord presque imperceptible, puis de plus en plus distincte. Cette tache est due simplement à un épaississement de la membrane blastodermique, produit par un amas, plus considérable en ce point, de cellules et de noyaux de cellules. Burdach et de Baer lui ont donné le nom de *cumulus proliger;* Coste, et plus tard Wagner, celui de *tache embryonnaire;* enfin Bischoff, celui d'*aire germinative* (*area germinativa*). Toutes ces dénominations indiquent la destination prochaine de cet épaississement du blastoderme.

Dans cette tache, Dœllinger et Pander signalèrent les premiers, chez l'oiseau, la modification de texture du blastoderme qui, de simple qu'il était d'abord, se dédouble bientôt en deux feuillets, l'un externe ou séreux, et l'autre interne ou muqueux.

L'un et l'autre feuillet sont formés, comme le blastoderme, de cellules polygonales. Dans le feuillet séreux ou animal, les cellules sont déjà complétement confondues les unes avec les autres et pleines de fines molécules très serrées, de manière à constituer une membrane plus ferme. Dans le feuillet muqueux ou végétatif, elles sont pâles, minces, et manifestement distinctes les unes des autres.

D'abord ronde et uniformément obscure, la tache embryonnaire commence à s'éclairer un peu dans son milieu. De là sa division en deux portions : la portion externe, périphérique, obscure (*area obscura*) ; la portion interne, centrale, claire (*area lucida*). Bientôt elle change de forme : elle était ronde, elle devient ovale. Puis, le milieu de sa portion transparente se soulève sous la forme d'un bouclier allongé, qui est l'embryon futur. La dimension en longueur de cette sorte de bouclier qu'on a encore comparé, pour la forme, à une semelle de soulier, ne tarde pas à devenir plus considérable. Enfin, dans sa partie moyenne, apparaît une gouttière, un sillon creusé pour ainsi dire dans le feuillet séreux, qui présente en ce point une transparence et une ténuité extrêmes. Cette gouttière marque l'axe même de la tache germinative; sa direction est transversale par rapport au grand axe de l'œuf, lorsque celui-ci, au lieu d'être sphérique, est plus ou moins ovoïde : elle porte le nom de *ligne primitive* (1).

Les deux bords de la gouttière, devenant de plus en plus marqués, décrivent, du côté large de l'aire lucide, un petit arc pour se confondre l'un avec l'autre ; tandis qu'à l'autre extrémité ils se réunissent à angle aigu. Ils embrassent ainsi entre eux, en haut, un sinus un peu arrondi, qui est l'*extrémité céphalique ;* en bas, un espace lancéolé qui est l'*extrémité caudale* du futur embryon.

Sur les côtés de cette ligne, s'élèvent deux renflements formés aussi aux dépens du feuillet animal, considérés par de Baer comme les deux moitiés du dos, et nommés par lui *lames dorsales*, tandis que Reichert les a regardés plus tard comme les deux moitiés primitives du système nerveux. En dehors de ce système nerveux, naîtraient d'ailleurs des lames dorsales dont les deux moitiés se réuniraient à leur tour sur la ligne médiane pour clore le tube vertébral, de même que les deux moitiés du système nerveux se sont réunies auparavant pour former l'organe cérébro-spinal.

Tandis que deux renflements s'élevaient sur les côtés de la gouttière primitive, une ligne mince, composée de globules, prenait naissance dans le milieu et en dessous de cette même gouttière, formant l'axe du tronc, destinée à servir de centre de formation aux lames dorsales et aux corps vertébraux : c'est la *corde dorsale*.

Enfin, le pourtour extérieur de l'aire transparente, soulevée en forme de bouclier, constitue des espèces de plaques membraneuses qui s'inclineront bientôt l'une vers l'autre, de la tête à la queue, du côté droit au côté gauche, pour former la paroi antérieure du corps de l'embryon, de même que les lames dorsales en ont formé la paroi postérieure. Cette analogie de destination, dans le développement embryologique, leur a valu le nom de *lames ventrales*. Tandis que les lames dorsales avaient enfermé le cerveau et la moelle épinière dans leur cavité, les lames ventrales, en se réunissant, circonscrivent un espace clos, enfermant les viscères déjà formés et ceux dont l'évolution n'est pas encore achevée : elles servent, en un mot, à constituer la cavité viscérale.

Pendant que toutes ces formations se produisent, l'embryon, d'abord élevé, sous forme de bouclier, au-dessus de la surface du blastoderme, se courbe sur lui-même, s'incline par ses deux extrémités vers le centre de l'œuf et semble creusé par le soulèvement de ses lames ventrales; de sorte qu'il représente assez bien l'aspect

(1) Voy. pl. I, fig. 10, *l. c.*

d'une carène de vaisseau dont la convexité est en contact avec la membrane vitelline, et la concavité en regard de la partie centrale de l'œuf (1).

Reichert (2) a exposé, avec une précision remarquable, l'origine et le mode de développement de toutes ces parties et de la plupart des systèmes organiques chez l'oiseau. Il n'est pas encore évident que les premières formations embryonnaires se fassent d'une manière identique chez les mammifères. Néanmoins, comme les différences qui peuvent exister, sous ce rapport, entre les uns et les autres, ne sont pas considérables; comme les erreurs elles-mêmes, qu'a pu commettre Reichert, n'entraînent aucune idée essentiellement fausse sur les principales circonstances du développement, on peut suivre la description qu'il a donnée de l'apparition des premières traces embryonnaires. Les détails dans lesquels nous allons entrer, à ce sujet, auront l'avantage de graver parfaitement dans l'esprit les points les plus obscurs et les plus difficiles de l'histoire du développement.

Reichert ne distingue pas des feuillets séreux et muqueux, ou du moins il ne leur donne pas l'importance que leur ont attribuée les autres embryologistes. Le feuillet séreux se réduirait à une membrane enveloppante; le feuillet muqueux, à l'existence d'une couche interne de globules formant la membrane muqueuse propre de l'intestin. Toute la vertu formatrice réside, suivant lui, dans une partie moyenne interposée à l'une et à l'autre, d'où naissent, après l'apparition préalable du système nerveux, tous les autres systèmes organiques : il a donné à ce nouveau feuillet, essentiellement germinateur, le nom de *membrane intermédiaire*.

Suivant Reichert (3), une couche simple de cellules se sépare d'abord de la cicatricule, qui est, comme nous l'avons dit, le germe propre de l'œuf d'oiseau. Cette couche, qui continue de croître par sa périphérie, et s'étend peu à peu sur toute la surface du jaune, est destinée à former une membrane protectrice, sous l'abri de laquelle l'embryon va se développer. Elle a reçu le nom de *membrane enveloppante* (fig. 18, A, *i*).

De chaque côté d'une ligne qui parcourt la partie moyenne de l'aire transparente dans le sens de sa longueur, se dépose, au-dessous de cette enveloppe, une couche membraniforme de cellules. Cette dernière, se continuant d'un côté à l'autre, tant en devant qu'en arrière, forme une surface ovale dont *la ligne primitive* constitue l'axe central. Comme ce dépôt celluleux membraniforme s'élève, à droite et à gauche, un peu au-dessus du niveau primitif de la membrane enveloppante, il en résulte sur celle-ci un étroit sillon (fig. 18, A, *t*) séparant les deux côtés de cette nouvelle formation. Ce sillon, qui deviendra de plus en plus prononcé, constitue *la ligne primitive*. Les dépôts latéraux de cellules unies entre elles ne sont autre chose que les moitiés primitives du *système nerveux* (fig. 18, A, *n*). Dans la suite, ses bords externes s'élèveront, s'inclineront l'un vers l'autre (fig. 18, B, *n*), s'uniront ensemble et représenteront ainsi la masse tubuleuse du cerveau et de la moelle épinière, emprisonnant entre eux la portion de membrane enveloppante

(1) Pl. II, fig. 2, 3, 4, *c*.
(2) *Das Entwickelungsleben im Wirbelthier-Reich*. Berlin, 1840.
(3) *Ouv. cit.*, p. 102.

qui forme la gouttière primitive (1). Peu après le soulèvement bilatéral de la membrane enveloppante, on distingue, au-dessous de la gouttière, et dans toute sa longueur, la corde dorsale (fig. 18, A, d).

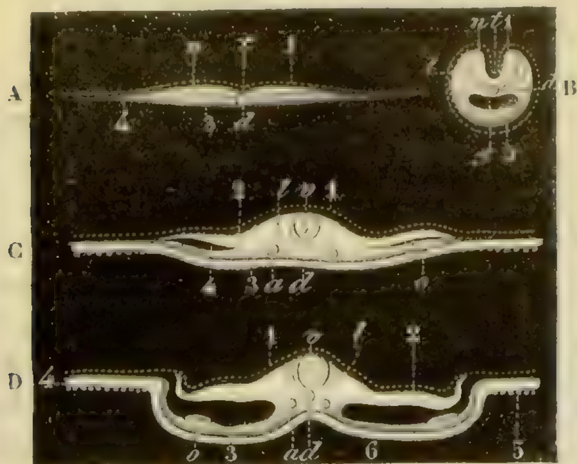


Fig. 18. *Origine des divers systèmes organiques chez le poulet* (*).

Le système nerveux central est la première formation embryonnaire proprement dite. Dès que la couche de cellules destinée à constituer les moitiés primitives de cet important système organique s'est isolée, le second rudiment principal de l'embryon commence à paraître : c'est une membrane de forme circulaire et dont l'épaisseur surpasse celle des dépôts qui ont eu lieu jusqu'à ce moment. Cette membrane touche le système nerveux central par sa portion moyenne (fig. 18, A, 3), et comme elle le dépasse en largeur, elle touche la membrane enveloppante par sa portion périphérique (fig. 18, A, 4). Reichert (2) lui a donné, ainsi que nous l'avons dit plus haut, le nom de *membrane intermédiaire* ou *moyenne*.

On parvient souvent à détacher la membrane intermédiaire dans les premiers temps de sa formation, excepté dans l'endroit où elle touche la corde dorsale. Cette membrane est de la plus haute importance dans l'histoire du développement de l'embryon. Elle se trouve comprise entre le système nerveux central, et la membrane muqueuse qui ne va pas tarder à se déposer. Elle est le rudiment commun du système vertébral, du système cutané, du système sanguin, et de tout le système intestinal, à l'exception de la membrane muqueuse.

Les parties centrales du système nerveux et la membrane intermédiaire sont d'abord presque planes. Seulement les premières forment de légères convexités, entre lesquelles est située la gouttière primitive. Plus tard il n'en est plus ainsi : les

(1) *Ouv. cit.*, p. 104.

(*) Origine des divers systèmes organiques, chez le poulet, d'après Reichert.

A. Coupe transversale d'un embryon chez lequel sont développés seulement le système nerveux central, la corde dorsale et la membrane intermédiaire.

1, membrane enveloppante; *t*, gouttière primitive; *n*, lames primitives du système nerveux central; *d*, corde dorsale; 3, portion centrale de la membrane intermédiaire; 4, portion périphérique de la membrane intermédiaire.

B. Coupe transversale d'un embryon plus âgé, à la partie antérieure, après la production du capuchon céphalique et de la fosse cardiaque.

1, membrane enveloppante; *t*, gouttière primitive; *n*, moitiés du système nerveux central; *l*, lames dorsales; *d*, corde dorsale; *g*, cavité cardiaque (*fovea cardiaca*); 3, membrane intermédiaire.

C. Coupe pratiquée au milieu de la portion ventrale, sur un embryon un peu plus âgé.

1, membrane enveloppante; *v*, les deux moitiés primitives du système nerveux central; *d*, corde dorsale; *l*, système cutané du tube vertébral (membrane réunissante supérieure), se continuant avec la membrane réunissante inférieure, qui a commencé à se séparer et à s'élever comme feuillet amniotique; 2, feuillet de l'amnios; 4, fente entre le feuillet amniotique et le reste de la membrane intermédiaire; 3, portion de membrane intermédiaire; *a*, les deux aortes; *o*, les deux artères omphalo-mésentériques.

D. La même coupe, sur un embryon encore plus avancé.

3, portion intestinale de la membrane intermédiaire; 4, sa portion périphérique; 6, membrane muqueuse; 5, couche corticale du jaune. Pour les autres lettres, voy. l'explication de la coupe C.

(2) *Ouv. cit.*, p. 106.

convexités se prononcent de plus en plus; en dehors des lames primitives du système nerveux, s'élèvent de la membrane intermédiaire deux éminences allongées, de véritables *lames dorsales* ou *vertébrales* (fig. 18, B, *l*) qui montent de plus en plus sur les côtés des parties centrales de la moelle. Ces éminences finissent par se rejoindre au-dessus des lames céphalo-spinales réunies, et produisent le canal vertébral supérieur.

En même temps, la formation d'un tube inférieur commence à s'accomplir, pour fournir à l'embryon une cavité viscérale. Mais, à cette époque, cette formation est limitée à une partie de l'embryon, à son extrémité antérieure. La membrane intermédiaire, d'abord plane inférieurement, décrit une double inflexion de haut en bas, puis d'avant en arrière, à peu de distance au-devant du système nerveux central, sur une ligne correspondant au pourtour presque circulaire de son extrémité céphalique. Ce pli, nommé par de Baer *capuchon céphalique*, et qu'il ne faut pas confondre avec le capuchon céphalique de l'amnios, fait naître, par rapport à l'embryon, une sorte de bonnet situé en avant de lui, dont la partie interne est destinée à se convertir en cavité viscérale de la tête, du cou et même de la poitrine, et à produire les organes qui appartiennent à ces régions. L'ouverture inférieure ou postérieure de ce pli, celle qui regarde la cavité vitelline, indique à peu près la région où sera placé plus tard l'estomac, et se trouve, en ce moment, au niveau du cœur, d'où le nom de fosse cardiaque, *cavité cardiaque* (*fovea cardiaca*), que lui avait donnée Wolff (fig. 18, B, *g*). Il faut se garder de croire qu'elle devienne l'entrée du canal alimentaire : loin de là, la bouche se produira à la partie antérieure et close du bonnet.

Après l'apparition de la portion céphalique du tube viscéral, on voit se former le rudiment de la *membrane muqueuse* du système digestif. C'est encore une couche membraniforme de cellules qui se dépose à la face inférieure de la membrane intermédiaire (fig. 18, D, 6).

Cette couche est d'abord circulaire, comme le *cumulus* ou cicatricule dont elle provient chez l'oiseau ; dans l'origine, elle ne s'étend pas tout à fait aussi loin que la membrane intermédiaire. En dehors des limites de la muqueuse, cette dernière membrane est tapissée par une couche de cellules d'une nature différente, qui la séparent du vitellus. Ces cellules, dont l'ensemble se présente, il est vrai, comme une continuation immédiate du rudiment de la membrane muqueuse, diffèrent essentiellement des cellules qui constituent celle-ci. Elles sont plus pâles et plus grandes. Reichert les a nommées *couche corticale interne du jaune* (fig. 18, D, 5). Au contraire, la membrane muqueuse est formée, à son origine, des mêmes cellules, pleines de petites granules, que celles qui constituent la membrane intermédiaire, les lames primitives du système nerveux, la membrane enveloppante, en un mot, le rudiment de toutes les autres formations de l'embryon.

D'après ce qui précède, on conçoit que la membrane muqueuse ne peut pas s'appliquer à tous les points de la face inférieure de la membrane intermédiaire. Ainsi elle n'entre pas en contact avec le rudiment, en forme de fossette, de la cavité viscérale de la tête et du cou, que nous avons vu se terminer à la *fovea cardiaca.* Elle passe seulement devant l'ouverture postérieure ou inférieure de cette fossette, et la recouvre. Quand la fossette s'agrandit en avant, la paroi de la membrane muqueuse, loin de céder et de la suivre, reste tendue sur son ouverture ; il en résulte un vide entre le capuchon céphalique et la *fovea cardiaca*, dans lequel

la portion céphalique de la cavité viscérale se développe, indépendamment de la membrane muqueuse. Une ouverture se produit dans cette dernière pour établir une communication entre elle et la portion céphalique : cette ouverture est le *cardia*, futur abouchement de l'œsophage dans l'estomac.

Reichert distingue, dans la membrane intermédiaire, une portion centrale et une portion périphérique. La *portion centrale* entoure la corde dorsale; elle a formé déjà en avant la partie antérieure de la cavité viscérale. La *portion périphérique* s'étend de manière à former, par sa circonférence, une sorte d'anneau correspondant au pourtour du champ embryonnaire dans lequel se développeront les premiers vaisseaux (*area vasculosa*). Au-dessous de la portion centrale se trouve la membrane muqueuse. Au-dessous de la portion périphérique se trouve la couche corticale du jaune, qui s'étend plus loin à la face inférieure de la membrane enveloppante.

Ainsi, dans le point même où viennent d'apparaître les premiers linéaments de l'embryon, on distingue, de dehors en dedans, la membrane enveloppante, les parties centrales du système nerveux, la portion centrale de la membrane intermédiaire avec la corde dorsale, la membrane muqueuse. Autour de l'embryon, on compte toujours, de dehors en dedans, trois couches membraniformes : la membrane enveloppante, la portion périphérique de la membrane intermédiaire, la couche corticale du jaune, prolongement de la membrane muqueuse. Enfin, plus en dehors, la membrane enveloppante et la couche corticale du jaune sont directement en contact l'une avec l'autre.

On voit déjà, et l'on verra mieux encore par la suite de cette exposition, que la couche corticale du jaune avec sa partie centrale, la membrane muqueuse, est justement ce que les prédécesseurs de Reichert appelaient feuillet muqueux ou végétatif du blastoderme, et que la membrane intermédiaire du même auteur est la source commune des formations que Pander, de Baer et les autres embryologistes attribuaient au feuillet séreux ou animal, et au feuillet moyen ou vasculaire. Il sera donc toujours facile de passer des descriptions de Reichert à l'intelligence des descriptions des autres auteurs.

La membrane intermédiaire donnant naissance aux systèmes organiques que de Baer faisait dériver des feuillets séreux et vasculaires, et même à quelques autres formations, on comprend que Reichert lui fasse jouer un très grand rôle, et la considère comme la partie la plus importante pour tous les développements ultérieurs.

En effet, le centre de cette membrane développe peu à peu de sa surface les systèmes auxiliaires du système central de la vie animale (fig. 18 et 19, *l*), puis le système sanguin (fig. 18 et 19, *a*, *o*, *va*), puis enfin, après avoir été de plus en plus refoulé en bas et en dedans, le système intestinal (fig. 18 et 19, 3), qui sert de soutien à la membrane muqueuse, organe central de la vie végétative. Ces formations se font, d'abord sans le concours du système sanguin, puis avec le concours du sang et des vaisseaux. Les premiers produits du centre de la membrane intermédiaire, sans l'assistance du sang, sont les rudiments du système cutané, les plaques primitives du système vertébral, et la formation du système sanguin lui-même dont la présence est nécessaire pour le développement ultérieur de l'embryon.

De la portion périphérique de la membrane intermédiaire se développent l'amnios et les lames ventrales destinées à clore la cavité viscérale et à former les parois du tronc. Nous devons décrire brièvement l'origine de toutes ces formations.

Les lames primitives du système vertébral, et les rudiments du système cutané se prononcent à peu près simultanément, lorsque les moitiés primitives du système nerveux central commencent à se condenser et à s'élever pour s'unir ensemble.

Les lames primitives du système vertébral (fig. 18 et 19, *v*) se séparent de la membrane intermédiaire, des deux côtés de la corde dorsale, sous la forme de couches membraneuses. Elles sont d'abord couvertes, dans toute leur étendue, par les moitiés primaires du système nerveux central, auquel elles correspondent par

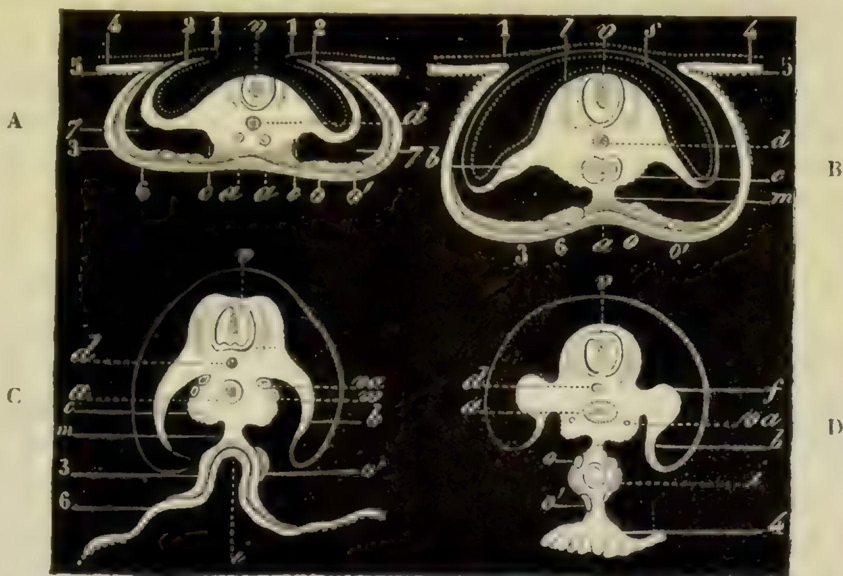


Fig. 19. *Origine des divers systèmes organiques chez le poulet*, d'après Reichert (*).

(*) A. Coupe transversale, passant par le milieu du ventre, chez un embryon de poulet dont l'amnios n'est pas encore tout à fait clos.

B. Coupe transversale, plus rapprochée de l'extrémité céphalique, immédiatement au-dessous du cœur, chez un embryon un peu plus âgé. L'amnios est complétement formé, et les lames viscérales, qui lui sont attenantes, proéminent légèrement.

C. Coupe transversale faite dans la région antérieure du ventre d'un embryon, chez lequel commence à s'effectuer l'étranglement de la portion intestinale de la membrane intermédiaire.

D. Même coupe transversale, c'est-à-dire tout à fait au-dessous du cœur, chez un embryon plus âgé.

1, la membrane enveloppante; dans la coupe A, pli de cette membrane poussé en arrière par la lame amniotique; 2 (A), lames amniotiques, élevées déjà latéralement sur le dos de l'embryon, et entrainant avec elles la membrane enveloppante qui est en dehors, l'aire vasculaire et le centre de la membrane intermédiaire qui sont en dedans; 3, la membrane intermédiaire (portion intestinale); 4, partie périphérique de la même membrane; 5, couche corticale interne du jaune; 6, feuillet muqueux; 7, lacunes qui formeront plus tard la cavité du ventre; *a a* (A), les deux aortes; *a* (B, C, D), aorte unique résultant de la fusion des deux aortes primitives; *b*, de chaque côté, région des lames viscérales ou ventrales, qui sont attenantes à la base de l'amnios (membrane réunissante inférieure du ventre); *c c*, corps de Wolff, développés, en dedans des lacunes ventrales, de la nouvelle surface de la membrane intermédiaire, sur les côtés des branches terminales de l'aorte; *d*, corde dorsale; *f*, les membres antérieurs; *i*, intestin, formé par le feuillet muqueux (6), et par les lames latérales (3) du centre de la membrane intermédiaire (lames intestinales de Baer); *l*, région des lames dorsales; *m*, portion soudée de la partie centrale des lames intestinales, produisant le mésentère; *o o'*, vaisseaux omphalo-mésentériques, *o*, artère, *o'*, veine; *v a*, veines cardinales de Rathke; *w*, canaux excréteurs des corps de Wolff. A peu près dans le même point se trouvent plus tard les canaux excréteurs des organes génitaux; *v*, les moitiés primitives de la moelle épinière.

la longueur et par la largeur. Le signe le plus certain de leur présence est l'apparition de quelques segments de vertèbres (1).

Les deux rudiments du système cutané paraissent aux côtés des lames primitives du système vertébral, sur la partie voisine de la surface du centre de la membrane intermédiaire (fig. 18 et 19, *l*). Ils donnent bientôt naissance à la membrane réunissante supérieure (*membrana reuniens superior*), destinée à recouvrir les parois du canal vertébral (fig. 18, 19, *l*); et à la membrane réunissante inférieure (*membrana reuniens inferior*), destinée en partie à former l'amnios (fig. 18, 19, 2) : les lames ventrales viennent s'ajouter comme formation nouvelle à cette dernière pour clore l'abdomen et la poitrine, quand les viscères se sont développés (fig. 19, B, C, D, *b*).

L'amnios, dépendance de la membrane réunissante inférieure, se forme d'après le mode que nous avons déjà fait connaître. Il faut ajouter, d'après Reichert, que. quand les extrémités des lames du système cutané qui doivent le former se sont soudées ensemble, la membrane enveloppante se trouve emprisonnée dans leur cavité (fig. 19, A, B, I, *s*), comme il lui était déjà arrivé lors de la réunion des moitiés primitives du système nerveux. On peut encore l'y retrouver pendant quelque temps, mais elle finit par disparaître (fig. 19, C, D); la portion plus grande, qui reste à l'extérieur, et dont la continuité se rétablit après la clôture de l'amnios, continue de jouer le rôle de membrane enveloppante.

De même que les lames dorsales s'étaient développées de bas en haut pour clore dans leur épaisseur la portion centrale du système nerveux vertébral, et s'unir à la membrane réunissante supérieure ; de même l'on voit, à une période plus avancée du développement, les *lames viscérales* commencer à se développer, de haut en bas, à partir aussi des lames primitives du système vertébral, pour clore les viscères de l'embryon, en s'unissant à la membrane réunissante inférieure. Elles apparaissent, à la portion céphalique, au nombre de quatre, sous forme de prolongements connus sous le nom d'*arcs branchiaux ou viscéraux*, qui se réunissent peu à peu, et semblent remonter plus tard, en même temps que le cerveau, à cause du développement que prend bientôt la portion cervicale.

Ces lames, et celles qui constituent aussi à l'abdomen les lames ventrales, demeurent appliquées immédiatement au système cutané, lequel se continue, comme membrane réunissante inférieure, avec l'amnios (fig. 19, B, C, D, *b*). Leur apparition est le signal de la clôture du ventre, et, pour opérer cette clôture, le système cutané marche à leur rencontre. La base de l'amnios s'étend de tous côtés, de manière à embrasser les viscères déjà existants et ceux qui sont en voie de formation : il ne reste bientôt plus, de la vaste ouverture abdominale, que l'ombilic proprement dit.

Les *membres* se montrent, à l'extrémité antérieure et à l'extrémité postérieure de la cavité ventrale, sous la forme de languettes proéminentes vers le côté externe des lames viscérales (fig. 19, D, *f*).

Pour ce qui est du *système intestinal*, Reichert fait une distinction entre la membrane muqueuse comme organe central de la vie végétative, et l'ensemble de tuniques qui l'accompagne : c'est à ce dernier qu'il réserve le nom de système intestinal.

(1) Voy. pl. I, fig. 11, *r*.

Pendant la première période du développement de l'embryon, la portion céphalique du système intestinal est soustraite, ainsi que nous l'avons dit, à l'influence directe de la membrane muqueuse. Celle-ci passe au devant de la fosse cardiaque et ne pénètre pas dans le capuchon céphalique. Dans ce dernier, se forment la bouche, le pharynx, l'œsophage, et, plus tard, l'appareil respiratoire dont la production se lie intimement à l'existence de la première portion du tube alimentaire.

A la région abdominale, la gouttière peu profonde (fig. 18, D; fig. 19, A), que laissent entre eux les premiers rudiments des lames intestinales, renferme le centre de la membrane intermédiaire continue antérieurement avec la portion céphalique. Entre elles et les lames viscérales sont étendus les corps de Wolff (fig. 19 *c*). Ces premiers rudiments, moitiés latérales du centre de la membrane intermédiaire, s'épaississent et tendent à se réunir (fig. 19, B, C, *m*). La réunion commence d'abord en avant, puis elle se fait en arrière, et s'étend enfin aux parties comprises entre les deux extrémités. Le centre de la membrane intermédiaire s'élève, tout en restant uni à la colonne vertébrale par l'aorte et ses branches (fig. 19, *a*); il s'infléchit et devient peu à peu un canal (fig. 19, C, D, *i*), qu'une large ouverture fait communiquer avec la cavité du jaune ou vésicule ombilicale. Peu à peu la séparation fait des progrès, la cavité du canal intestinal grandit, l'ouverture de communication avec la cavité vitelline diminue et finit par s'oblitérer. Le mésentère (fig 19, B, C, *m*) résulte de cet accolement, de cette réunion progressive des lames intestinales par l'intermédiaire desquelles l'intestin reste toujours attaché au centre des formations embryonnaires.

Quant à la membrane muqueuse de l'intestin, nous avons vu comment elle s'est déposée d'abord sur la membrane intermédiaire : elle se produit par conséquent, s'agrandit, se perfectionne sans l'intermédiaire du système sanguin. C'est le seul organe important du fœtus qui soit dans ce cas.

Reichert fait provenir également de la membrane intermédiaire les rudiments du foie, du pancréas, des poumons, des corps de Wolff et de l'allantoïde, qui apparaissent avant ceux du système intestinal.

Nous avons décrit assez longuement le développement de l'allantoïde pour n'y pas revenir. Nous décrirons celui des autres organes qui viennent d'être nommés, en étudiant le développement des divers systèmes et appareils embryonnaires.

Nous en dirons autant du développement du système vasculaire, que Reichert attribue encore à une production de la membrane intermédiaire, et sur lequel il paraît avoir émis des idées erronées relativement à l'antériorité de naissance du cœur et au rôle qu'il fait jouer à cet organe dans la formation des vaisseaux sanguins. On ne peut pas d'ailleurs séparer l'étude de la première forme de la circulation embryonnaire de l'étude des formes suivantes. Leur enchaînement est nécessaire à l'intelligence des fonctions, et la reconnaissance de celles-ci est le but que nous devons nous proposer en décrivant maintenant le développement de chaque système organique en particulier.

Développement des systèmes organiques du fœtus.

Le système nerveux étant celui de tous les systèmes organiques qui se développe le premier, il est rationnel de commencer par lui l'étude du développement des organes et des appareils. Les organes des sens en dépendent trop immédiatement pour en être séparés. Puis, nous exposerons la formation de tous les appareils que de Baer faisait provenir du feuillet séreux : le tégument externe, les os, les muscles ; les viscères appartenant à la portion céphalique de l'embryon, la bouche, l'œsophage, le poumon ; enfin, les parties qui se forment à l'extrémité opposée, les organes génitaux externes dont nous rapprocherons, pour ne pas avoir à les décrire séparément, les corps de Wolff, les organes génitaux internes et les reins.

Dans une seconde section, sera exposé le développement du tégument interne, c'est-à-dire la formation du tube digestif et de ses annexes.

Une dernière section sera consacrée à la formation du système vasculaire, au développement du cœur et des vaisseaux, et aux diverses formes de la circulation.

Développement du système nerveux, du tégument externe, des poumons, des corps de Wolff et des organes génito-urinaires.

Développement du système nerveux. — Nous avons décrit l'apparition précoce des rudiments du système nerveux dans l'aire germinative, et montré les rapports qu'ils affectent avec le sillon longitudinal médian, la corde dorsale et les autres productions blastodermiques (fig. 18, A). Peu de temps après leur formation, les deux moitiés primordiales de ce système se réunissent (fig. 18, B) et représentent la moelle épinière et le cerveau ; la gouttière primitive, au-dessus de laquelle se fait cette réunion d'après Reichert (1), se transforme ainsi en canal de la moelle et ventricules du cerveau. Voici comment s'opère cette transformation.

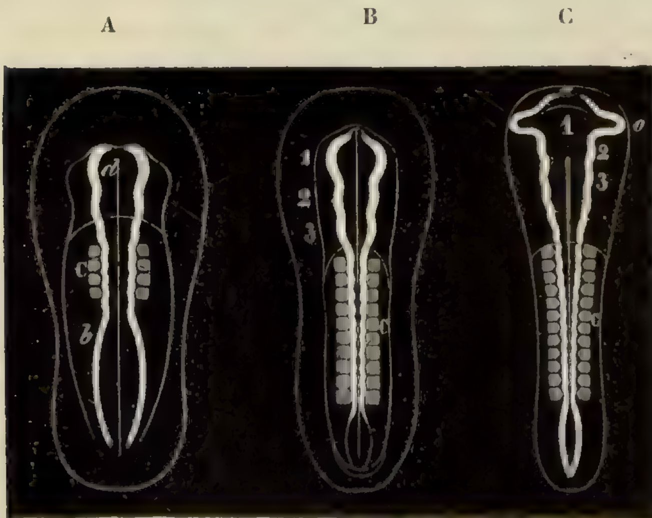


Fig. 20. *Développement du système nerveux* (*).

Bientôt après la clôture du tube médullaire, le canal contenu au milieu de ses parois s'élargit en haut (fig. 20, A, *d*), et prend la forme de trois dilatations (fig. 20, B, 1, 2, 3) placées à la suite l'une de l'autre. De ces dilatations proviendront les principaux segments de l'encéphale, d'où le nom de *cellules cérébrales* sous lequel on les a désignées. En même temps, le canal médul-

(1) *Das Entwickelungsleben*, etc., p. 12, 13, 66.

(*) Développement du système nerveux chez le poulet, d'après R. Wagner (*Icones physiologicæ*.)
A. Les deux moitiés primitives du système nerveux, vingt-quatre heures après l'incubation.
B. Les mêmes, après trente-six heures.
C. Les mêmes, chez un embryon plus âgé.
c, les deux moitiés primitives des lames vertébrales ou corps des vertèbres ; *d*, dilatation antérieure du tube nerveux ; *b*, dilatation postérieure, *sinus rhomboïdal* ; 1, 2, 3, première, deuxième, troisième cellule cérébrale ; *a*, léger aplatissement de la cellule cérébrale antérieure ; o, formation des vésicules oculaires.

aire s'élargit en bas, dans le point correspondant à la future origine des nerfs des membres inférieurs, de manière à former le renflement connu sous le nom de *sinus rhomboïdal* (fig. 20, A, *b*). Il conserve un diamètre égal dans le reste de son trajet correspondant aux points de développement des corps vertébraux (fig. 20, A, B, C, *c c c*). Cette dernière partie et le renflement inférieur constitueront, à eux deux, la *moelle épinière*.

Voyons comment le cerveau se développe des cellules cérébrales, et la moelle épinière du reste du canal médullaire.

Cerveau. — La première cellule qui apparaisse, à l'extrémité céphalique du tube nerveux primitif, est la cellule antérieure. Elle est bientôt suivie des deux autres. La dernière, ou postérieure, se termine peu à peu en pointe du côté de la moelle épinière. Dans les deux premières, la substance nerveuse se dépose de très bonne heure sur les parois, de manière à les clore et à les développer. Dans la dernière, cette déposition de substance nerveuse manque à la partie supérieure, de sorte que cette cellule reste comme fendue en ce point.

Le premier phénomène qui se manifeste dans les cellules cérébrales est leur subdivision. Cette division porte sur la cellule antérieure et sur la postérieure, de sorte que leur nombre se trouve élevé à cinq. Quant à leur destination, on reconnaît que la portion antérieure de la première cellule prenant, chez l'homme, un plus grand développement que toutes les autres, forme la masse des *hémisphères cérébraux* (cerveau antérieur de Baer); sa portion postérieure, séparée d'abord de l'antérieure par un léger étranglement, plus tard recouverte par elle, formera la *couche optique* (cerveau intermédiaire). La seconde cellule primitive reste indivise et donne naissance aux *tubercules quadrijumeaux* (cerveau moyen). Enfin, la portion antérieure de la troisième cellule, plus courte, se développera considérablement, tant au milieu que sur les côtés, chez l'homme et les mammifères, et constituera le *cervelet* (cerveau postérieur) ; sa portion postérieure, plus longue, ouverte en arrière, finissant en pointe pour se continuer avec la moelle épinière , constituera la *moelle allongée* ou *bulbe rachidien* avec le pont de Varole (arrière-cerveau).



Fig. 21. *Développement de la moelle allongée et du cerveau* (*).

Tandis que les cellules cérébrales se subdivisent, elles s'incurvent dans leur ensemble pour s'accommoder à l'incurvation de l'extrémité céphalique de l'embryon, laquelle, ainsi que nous l'avons déjà dit, s'incline en avant en même temps qu'elle se soulève en totalité en arrière, au-dessus du plan du blastoderme. Cette incurvation imprime à trois points principaux des directions angulaires marquées : d'abord à la seconde cellule primitive, futurs corps quadrijumeaux (fig. 21, *e*, et surtout fig. 22, A, B, *e*) qui oc-

(*) Développement de la moelle allongée et du cerveau, d'après Wagner (*Icones physiologicæ*). A, embryon de poulet de la fin du troisième jour. B, embryon plus âgé.
b, lames vertébrales ; *c*, moelle épinière se continuant avec la moelle allongée ; *d*, moelle allongée s'unissant aux corps quadrijumeaux , *e*, à travers le troisième ventricule ; *f*, couches optiques ; *g*, hémisphère cérébral antérieur ; *i*, oreille ; *o*, œil.

cupent en ce moment le sommet de l'angle, et par conséquent le point le plus élevé du système cérébro-spinal ; puis, en sens inverse, entre la moelle allongée et le cervelet (fig. 22, A, B, *c*) ; puis enfin, dans le même sens qu'au premier lieu, au point de jonction de la moelle épinière et de la moelle allongée (fig. 22, A, B, *d*).

La figure 21 représente l'état cellulaire du cerveau que nous venons de décrire chez l'embryon du poulet à la fin du troisième jour et au quatrième jour. La disposition des cellules cérébrales n'est pas tout à fait la même ici et chez les mammifères : ainsi, on ne distingue pas encore, chez l'oiseau, les limites du cervelet. Sur le système cérébro-spinal de l'embryon humain, représenté d'après Tiedemann à la septième et à la huitième semaine, ces divisions, et surtout les trois courbures que décrit la totalité de l'appareil nerveux, sont parfaitement reconnaissables.

Ces données, sur les premiers développements du cerveau et de la moelle épinière, nous viennent de Pander (1), de Baer (2), Valentin (3), Wagner (4), Reichert (5) et Bischoff (6). Les renseignements positifs qu'on possède sur les développements ultérieurs, surtout dans l'embryon humain, ont été fournis par Meckel (7) et Tiedemann (8). Voici les faits les plus intéressants qui marquent le passage des cellules cérébrales aux principales parties dont se compose le cerveau après son entière évolution.

La partie antérieure de la première cellule croît des deux côtés de la ligne médiane plus rapidement qu'en haut et en arrière ; elle croît surtout plus rapidement que la partie postérieure de la même cellule, dont elle tend à être séparée tous les jours davantage par l'interposition d'un pli de la pie-mère qui s'insinue entre elles deux. En même temps, une faible dépression médiane la divise en deux moitiés latérales, et fait d'une vésicule d'abord simple une double vésicule.

Cette double vésicule antérieure (*hémisphères cérébraux*) croissant de plus en plus en arrière, tandis qu'au contraire la couche optique tend à s'affaisser, forme peu à peu une sorte de voûte qui s'étend non seulement au-dessus de la couche optique (fig. 22, C, C', *g*), mais encore au-dessus des tubercules quadrijumeaux, et même du cervelet.

La surface des hémisphères cérébraux est lisse jusqu'à la fin du quatrième mois. A cette époque, les plis de la pie-mère, y produisant de légères dépressions, forment les premières *circonvolutions* cérébrales. Celles-ci ne se développent plus d'une manière marquée qu'à partir du septième mois.

A mesure que la dépression médiane se prononce davantage, la cavité commune aux hémisphères cérébraux tend à se dédoubler. Cette tendance est favorisée par un accroissement de matière nerveuse qui concourt au même but, en s'élevant à partir du fond de cette cavité, et formant la cloison moyenne connue sous le nom de *cloison transparente* (*septum lucidum*). Il existe dès lors deux *ventricules la-*

(1) *Beiträge zur Entwickelungsgeschichte des Hühnchens im Eie.* Wurzbourg, 1817.
(2) *Entwickelungsgeschichte*, etc., t. II.
(3) *Handbuch der Entwickelungsgeschichte*, etc. Berlin, 1835.
(4) *Traité de la génération. — Icones physiologicæ.*
(5) *Entwickelungsleben im Wirbelthierreich.*
(6) *Développement de l'homme et des mammifères.* Trad. franç. par Jourdan.
(7) *Archiv.*, t. I.
(8) *Anatomie du cerveau*, trad. par Jourdan. Paris, 1823.

téraux, dans chacun desquels se développent de très bonne heure les deux *corps striés*.

La première trace du *corps calleux* et de la *voûte à trois piliers* est une lame médullaire verticale placée en avant entre les deux vésicules des hémisphères cérébraux, et qui, s'infléchissant d'avant en arrière, sous forme de genou, se prolonge, avec les hémisphères, vers la partie postérieure. Arrivée là, elle forme par ses bords inférieurs et internes les *piliers postérieurs de la voûte* et les *cornes d'Ammon*.

La partie postérieure de la première cellule, d'abord creuse, finit par se remplir de matière médullaire et forme les *couches optiques* (fig. 22, C', *f*). En avant, cette masse nerveuse se fend et s'affaisse sur elle-même, ce qui la divise en deux portions; mais, en arrière, elle demeure unie par une partie de substance cérébrale qui devient la *commissure postérieure*. Le canal de la moelle se prolongeant jusque entre les deux couches optiques, et celles-ci se trouvant bientôt recouvertes par les productions des hémisphères cérébraux, il en résulte une cavité communiquant inférieurement avec le tube médullaire : c'est le *troisième ventricule*. Ce troisième ventricule s'insinue lui-même entre les deux lames du *septum lucidum*, les écarte légèrement et donne naissance au *cinquième ventricule*. Enfin, la *glande pinéale* apparaît sur le bord postérieur des couches optiques auxquelles elle se lie par ses pédoncules.

La base de la première cellule cérébrale reste indivise et se transforme de très bonne heure en *entonnoir* (fig. 22, C', *v*). Cet *infundibulum* est en ce moment l'extrémité antérieure proprement dite de la cavité du tube médullaire. Sa position déclive par rapport à celle des autres parties du cerveau, tient à la formation des courbures que présente, en trois points principaux, l'extrémité supérieure de l'appareil cérébro-spinal. La *glande pituitaire*, qui tient à l'infundibulum, serait d'après Rathke (1), une formation étrangère au cerveau, une sorte d'excroissance de la cavité pharyngienne, se portant à la rencontre de l'entonnoir et finissant par se détacher de son point d'origine pour se mettre en connexion avec lui.

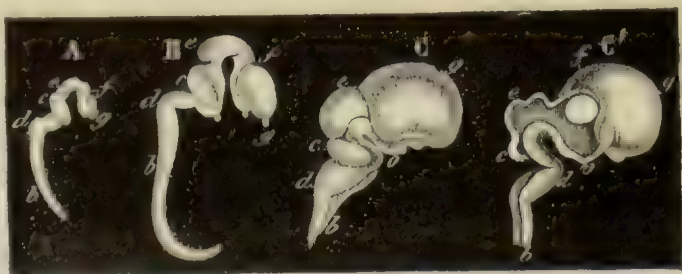


Fig. 22. *Développement de la moelle et du cerveau* (*).

La seconde cellule cérébrale est celle qui éprouve le moins de changements.

(1) *Müller's Archiv.*, 1838, p. 482. *Entwickelungsgeschichte der Natter*, p. 81, 182.

(*) Développement de la moelle épinière et du cerveau chez l'homme, d'après Tiedemann.

A. Cerveau et moelle épinière d'un embryon de sept semaines, vus de côté.

B. Les mêmes chez un embryon plus âgé.

b, moelle épinière; *d*, renflement de la moelle épinière avec l'inflexion que décrit celle-ci en avant; *c*, cervelet; *e*, masse des tubercules quadrijumeaux; *f*, couche optique; *g*, hémisphères membraniformes du cerveau.

C. Cerveau et moelle allongée d'un embryon de onze semaines.

b, moelle épinière; *d*, renflement de la moelle épinière avec son inflexion en avant; *c*, cervelet; *e*, élévation qui donne naissance aux tubercules quadrijumeaux; *g*, hémisphère membraniforme du cerveau, rabattu en arrière et en dedans; il ne couvre pas encore les éminences destinées à former les tubercules quadrijumeaux; *o*, nerf optique du côté gauche.

C'. Mêmes parties coupées verticalement sur la ligne médiane d'avant en arrière.

b, membrane de la moelle épinière renversée en arrière; *d*, seconde inflexion en haut de la moelle épinière devenue plus épaisse et constituant les pédoncules du cerveau : *c*, le cervelet; *e*, tubercules quadrijumeaux; *f*, couche optique recouverte par les hémisphères *g*; *v*, troisième ventricule, et *infundibulum*, au-dessous duquel s'attache la glande pituitaire.

Recouverte, comme nous l'avons vu, par les hémisphères qui se sont portés sur elle d'avant en arrière, elle se remplit presque en entier de substance médullaire qui se développe surtout de bas en haut, produit les *pédoncules cérébraux* et laisse dans le milieu un étroit canal, *aqueduc de Sylvius*, qui mène dans le troisième ventricule, entre les deux couches optiques. La partie supérieure reste indivise, elle est seulement partagée en quatre régions plus saillantes par un sillon crucial superficiel : ces quatre éminences sont les *tubercules quadrijumeaux* (fig. 22, C C', *e*).

La portion antérieure de la troisième cellule se sépare seulement assez tard de sa portion postérieure : l'une et l'autre forment d'abord en arrière une fosse unique (fig. 21, B, *d*). Une lamelle médullaire naissant vers la fin du second mois sur les bords de cette fosse, dans le voisinage des tubercules quadrijumeaux, est la première origine du *cervelet*. Les sillons qui divisent cet organe ne paraissent pas avant le cinquième mois.

La portion postérieure reste ouverte supérieurement et représente la *moelle allongée* (bulbe rachidien), avec le *quatrième ventricule*, sur lequel le cervelet finit par s'étendre. Ici la substance médullaire ne clôt jamais la partie supérieure du tube nerveux. Ce quatrième ventricule se continue avec l'aqueduc de Sylvius qui mène dans le troisième. Vers le troisième mois, on voit paraître dans les deux côtés de la moelle allongée, d'abord les corps restiformes, puis les corps pyramidaux et les corps olivaires. Au quatrième mois, un nouveau dépôt de substance cérébrale produit le *pont de Varole* à l'endroit même où s'est formée la deuxième inflexion que nous avons signalée entre la moelle allongée et le cervelet (fig. 22, C', *d*).

Moelle épinière. — Elle forme d'abord un demi-canal ouvert en haut, qui ne tarde pas à se convertir en tube complet par l'accolement de ses bords supérieurs. La dilatation rhomboïdale inférieure de ce canal a été mentionnée plus haut (fig. 20, B, B, C, *b*). A l'endroit de ce renflement, de ce sinus, chez les oiseaux, le canal ne se ferme pas en dessus; chez les mammifères, son occlusion est tardive, et, pendant longtemps, la moelle épinière y semble en quelque sorte fendue.

Le *calamus scriptorius* indique le point dans lequel le canal de la moelle se continuait avec celui du cerveau. Vers la fin du troisième mois, on voit se renfler les régions qui correspondent à la sortie des nerfs brachiaux et à celle des nerfs cruraux. A cette époque, la moelle épinière descend jusqu'au bout du sacrum, et la queue de cheval n'existe pas; mais, à partir du quatrième mois, les vertèbres croissant proportionnellement plus que la moelle, celle-ci semble se retirer vers la partie supérieure du rachis.

Les *méninges* sont simplement le résultat d'une séparation histologique de la substance qui forme le tube cérébro-spinal. Chez des embryons de la septième et de la huitième semaine, Tiedemann (1) a déjà pu distinguer la dure-mère, la pie-mère, et leurs principales dépendances. Mais il n'a pas découvert les premières traces d'arachnoïde avant le cinquième mois (2).

(1) *Ouv. cit.*, p. 20.

(2) Pour le développement ultérieur des diverses parties de l'encéphale, de la moelle épinière et de leurs dépendances, voy. notre ouvrage sur l'*Anatomie et la physiologie du système nerveux de l'homme et des animaux vertébrés*, t. I. Paris, 1842.

Nerfs. — Les nerfs ne naissent pas de l'axe cérébro-spinal pour se porter aux organes ; ils ne se forment pas davantage dans ceux-ci, pour aller se joindre ensuite à la portion centrale du même appareil. On les voit toujours se produire à l'endroit même où on les rencontre : leur développement tient, comme celui de tous les autres tissus, à des différences histologiques survenant entre des parties qui paraissaient d'abord similaires.

L'époque à laquelle se développent les *nerfs rachidiens* n'est pas encore bien précisée. Tiedemann n'en aperçut aucun sur un embryon âgé de sept semaines, mais il les découvrit tous sur un embryon de douze semaines.

Les nerfs *végétatifs* ou du *grand sympathique* sont à leur tour indépendants du système cérébro-rachidien ; ils se forment, comme toutes les parties de celui-ci, dans les points mêmes où ils apparaissent pour la première fois, et auxquels ils doivent appartenir. Sur un embryon âgé de onze semaines, Kiesselbach (1) a vu toutes les portions du grand sympathique, sauf le ganglion cœliaque et le petit nerf splanchnique. Il résulte de ses observations et de celles de Valentin (2), que la portion thoracique du grand sympathique se développe la première, et qu'on ne peut pas plus considérer les ganglions cœliaque ou cervical supérieur comme centres de ce système, qu'on ne peut regarder l'axe cérébro-spinal comme centre du système des nerfs rachidiens.

Organes des sens. — Les rudiments de l'*œil* paraissent de très bonne heure, et les métamorphoses de cet organe se font avec une grande rapidité. Huschke (3) a admis que les yeux proviennent d'une fossette primitivement simple, formée par les lames nerveuses au-devant de la première cellule cérébrale, et se convertissant en une vésicule qui se divise plus tard pour former les deux yeux. Mais l'observation confirme plutôt l'opinion émise par de Baer (4), soutenue par Arnold (5), Ammon (6) et Bischoff (7), que les yeux proviennent de deux excroissances ou prolongements creux se formant des deux côtés de la cellule cérébrale antérieure. En effet, dès que la dilatation destinée à former cette première cellule commence à se manifester, on remarque, sur ses parties latérales antérieures, deux saillies (fig. 20, C, *o*) entre lesquelles l'extrémité antérieure de la cellule s'enfonce un peu. Ces deux saillies se séparent de plus en plus, et deviennent plus latérales par rapport à la cellule du cerveau dont elles s'isolent tous les jours davantage.

De ces prolongements creux de la cellule antérieure du tube médullaire, l'extrémité se dilate en forme de sphère pour constituer le globe de l'œil, le pédicule se solidifie pour former le nerf optique. Une couche correspondante à la dure-mère du cerveau s'organise autour du premier, et forme la *sclérotique* et la *cornée transparente*. Une seconde couche, analogue à l'arachnoïde, apparaissant beaucoup plus tard que la première, forme la membrane dont la *lamina fusca scleroticæ* et la *membrane de l'humeur aqueuse* sont les vestiges chez l'adulte. A la fin du premier mois, une troisième formation, analogue à la première, donne naissance à la *choroïde*.

(1) *Diss. syst. hist. formationis ac evolutionis nervi sympathici.* Munich, 1835.
(2) *Ouv. cit.*, p. 473.
(3) *Müller's Archiv.*, 1832, p. 1 ; et *Ammon's Zeitschrift*, 1835, p. 272.
(4) *Entwickelungsgeschichte*, t. II, p. 113.
(5) *Untersuchungen über das Auge des Menschen*, p. 143.
(6) *Ammon's Zeitschrift für Ophthalmologie.* 1833, p. 341.
(7) *Ouv. cit.*, p. 219.

Chez tous les animaux vertébrés, la choroïde offre, dans les premiers temps, à l'angle interne et inférieur de l'œil, une ligne incolore qui finit par disparaître, et que la plupart des anatomistes ont regardée comme une véritable fente (fig. 21, A, *o*). Suivant Huschke, cette fente serait la trace persistante de la séparation des deux yeux sur la ligne médiane. Mais Bischoff (1), s'appuyant sur l'autorité de Baer, de Rathke, et sur ses propres observations, s'élève contre cette interprétation. D'après lui, cette apparence tiendrait à ce que le tube primitif du nerf optique ne conservant pas sa forme cylindrique, mais s'aplatissant latéralement avant de se solidifier, se continuerait conséquemment avec la vésicule oculaire, non plus par une circonférence arrondie, mais par une fente oblongue. Le pigment ne se dépose sur ce pli qu'après s'être déposé sur le reste de l'œil, et à mesure que le nerf optique, en se retirant dans sa position définitive, finit par effacer cette disposition ; ce qui arrive, chez l'embryon humain, après la septième semaine.

Le *corps ciliaire* commence à paraître pendant la cinquième semaine au bord antérieur de la choroïde. L'*iris* se développe beaucoup plus tard que cette dernière et peu avant la septième semaine : il représente en tout temps un anneau complétement clos, et n'a ni fente ni raie dépourvue de pigment, comme la choroïde : il faut donc chercher ailleurs que dans la persistance de cette fente l'explication du *coloboma*. Une formation intéressante, et qui appartient probablement à la capsule du cristallin plus qu'à l'iris, se rattache à cette dernière membrane : c'est le sac capsulo-pupillaire, dont la portion postérieure est la membrane *capsulo-pupillaire*, et la portion antérieure la *membrane pupillaire*. L'histoire de cette membrane, étudiée il y a quelques années surtout par Henle (2), a donné lieu à de vives discussions, et les opinions des anatomistes sur ce sujet sont encore trop divergentes pour qu'il y ait utilité réelle à mentionner ici le résultat de leurs recherches. On sait d'ailleurs que la membrane pupillaire, qui était connue depuis Wachendorff (3) et Haller (4), clôt la pupille pendant une grande partie de la vie intra-utérine, qu'elle acquiert son plus grand développement au sixième mois, et disparaît au septième. Sa persistance, chez l'enfant nouveau-né, constitue l'*atrésie congéniale de la pupille*.

Nous n'avons rien à ajouter sur la formation de la *rétine*. Elle résulte seulement de l'organisation nerveuse de la partie du prolongement primitif de la première cellule cérébrale qui constitue, en se renflant, le globe de l'œil.

Le *corps vitré*, dont le volume relatif est d'autant moindre que l'embryon est plus jeune, paraît dû à une métamorphose de la portion du liquide primitivement contenu dans la vésicule oculaire, et est comparé par Huschke à l'humeur des ventricules. On pensait que le *cristallin* se produit aussi aux dépens du liquide de la cellule primitive de l'œil : mais, d'après Huschke (5), il serait au contraire une production du tégument ; celui-ci s'enfoncerait au milieu de la partie antérieure de la vésicule oculaire, pour y former un sac à ouverture d'abord largement béante, bientôt resserrée de plus en plus, et finissant par se séparer de la cornée trans-

(1) *Ouv. cit.*, p. 225.

(2) *Diss. de membr. pupill. Bonn.* 1822. — *Amon's Zeitschrift*, t. I, p. 413, t. II, p. 371, t. IV, p. 22.

(3) *Comm. lit. Noric.* 1740, p. 137.

(4) *Opera minora*, t. I, p. 539.

(5) *Müller's Archiv.* 1832, p. 17.

parente ; ce sac s'unirait à la capsule dans laquelle se développe le cristallin. Valentin (1), Rathke (2) et J. Müller (3) ont adopté cette opinion.

Dans le principe, les téguments couvrent la surface de l'œil, en s'amincissant et prenant peu à peu le caractère de la *conjonctive*. Pendant la dixième semaine, on voit se former, en haut et en bas, les replis cutanés qui constitueront les *paupières*. Au commencement du quatrième mois, ces replis deviennent adhérents par leurs bords libres, du moins chez les animaux ; plus tard, cette adhésion se détruit, et les paupières peuvent s'ouvrir, chez l'homme, au moment de la naissance.

L'*oreille interne* procède d'une vésicule qui entre en relation directe avec le tube nerveux. On admettait qu'elle provient d'un prolongement de la troisième cellule cérébrale (fig 21, A, B, *i*), de même que l'œil se forme d'un prolongement de la première. Mais Bischoff (4) regarde cet état comme secondaire, et croit que, dans l'origine, la vésicule auditive n'a aucune connexion avec le canal médullaire. Un cas, cité par Nuhn (5), justifie l'opinion de cette indépendance primitive : c'est celui d'un sourd-muet de naissance, chez lequel le nerf auditif manquait, bien que toutes les parties de l'oreille interne fussent dans un état parfait d'intégrité, et sans nulle trace d'altération pathologique. Quoi qu'il en soit, on ne tarde pas à voir la vésicule auditive communiquer largement avec la troisième cellule primitive du cerveau. Ce développement est postérieur à celui de la vésicule oculaire. Le pédicule, par lequel s'établit la communication, devient le nerf auditif; la vésicule devient le labyrinthe de l'oreille.

Les *canaux semi-circulaires* et le *limaçon* sont des diverticulum de cette vésicule, qui forme elle-même la partie moyenne de l'oreille interne, le *vestibule*. Ils naissent chacun à une de ses extrémités par les plissements ou le prolongement spiroïde des parois du sac vestibulaire, et sont de bonne heure recouverts par le rocher devenu cartilagineux, ce qui en rend l'observation très difficile. Les canaux semi-circulaires se forment avant le limacon. Meckel (6) a trouvé toutes les parties du labyrinthe complétement formées au troisième mois.

L'oreille moyenne et l'oreille externe se développent aux dépens des arcs viscéraux et du squelette, dont nous décrirons bientôt la formation.

Le *nerf olfactif* naît un peu plus tard que l'œil et que l'oreille, par un prolongement vésiculaire de la première cellule cérébrale, à la base des hémisphères cérébraux ; il se loge dans les fossettes oblongues de la partie antérieure de la base du crâne, et s'y ramifie.

Les *fonctions du système nerveux*, chez le fœtus, sont bien restreintes. D'abord, on ne saurait les admettre au commencement de la vie embryonnaire, alors que les diverses parties de ce système n'ont pas encore atteint le degré d'organisation nécessaire à leur action. Il semblerait permis de supposer que, à une époque plus

(1) *Ouv. cit.*, p. 198.
(2) *Ouv. cit.*, p. 41.
(3) *Physiologie*, t. II, p. 735.
(4) *Ouv. cit.*, p. 236.
(5) *Dissert. de vitiis quæ surdo-mutilati subesse solent.* Heidelberg, 1841, p. 17.
(6) *Manuel d'anatomie*, t. III, p. 200,

avancée, il peut y avoir *perception* de quelques sensations dues à des influences extérieures, puisqu'un coup, l'impression du froid sur le ventre de la mère suffisent souvent pour provoquer les mouvements du fœtus. Mais, l'existence de ces mêmes mouvements, chez les monstres acéphales, doit les faire considérer comme de simples effets du *pouvoir réflexe* de la moelle épinière.

Quant à l'influence qu'exercerait le système nerveux sur la formation et le développement des autres organes de l'embryon, non seulement rien ne la démontre, mais toutes les observations embryologiques tendent à la faire rejeter. La partie centrale du système nerveux semble, il est vrai, paraître dans le germe avant tout autre appareil organique. Mais les autres parties ne tardent pas non plus à se développer ; et, quand elles se développent, ce n'est ni en convergeant vers l'axe cérébro-spinal, ni en s'irradiant de cet axe comme d'un centre de formation. D'ailleurs, cet axe lui-même n'a originairement aucune connexion avec la partie périphérique du même système. Tous les organes et toutes les parties des organes de l'embryon se développent à la place qui leur est assignée en vue de leur destination future. L'une ne provient pas de l'autre, et les nerfs pas plus que les vaisseaux n'ont d'action déterminante dans leur formation. Il n'est pas un fait embryologique qui ne justifie cette manière de voir. Les phénomènes de développement que nous avons déjà étudiés, et ceux que nous allons décrire, sont contraires à toutes les théories qu'on s'est plu à édifier sur ce point, en dehors des résultats les plus simples de l'observation.

Développement des systèmes osseux, musculaire et tégumentaire. — Le squelette, le tégument externe, les muscles qui leur sont interposés et quelques autres formations, telles que les ouvertures naturelles, les appendices destinés aux organes des sens et à ceux de la génération, la partie supérieure du tube digestif et les poumons, ont une origine commune dans les premières formations de l'embryon. Il convient donc d'examiner successivement le développement de ces diverses parties.

Le rudiment de la *colonne vertébrale* apparaît de très bonne heure au-dessous des moitiés primitives du système nerveux : c'est la *corde dorsale* (fig. 18 et 19). Cette corde, qui existe chez tous les vertébrés, et persiste même chez quelques uns pendant toute la vie, est un cylindre gélatineux terminé en pointe à son extrémité céphalique et à son extrémité caudale. Elle est formée d'un amas de cellules qu'entoure bientôt une gaîne transparente, hyaline. Elle est l'axe de formation de la colonne vertébrale, mais elle n'est pas le rachis, ni même un premier état de cette partie du squelette.

Elle persiste, entourée pourtant d'une gaîne fibreuse, et tient lieu de rachis chez les myxinoïdes. Elle persiste encore comme axe vertébral, mais entourée de lames cartilagineuses qui correspondent aux arcs des vertèbres, chez la lamproie. Son enveloppement, par les productions vertébrales, devient un peu plus général chez les esturgeons. Enfin, cet enveloppement est complet chez la plupart des vertébrés d'un rang plus élevé : tout autour de la corde dorsale, se dépose une matière plastique partout homogène, accumulée principalement des deux côtés, et offrant de place en place des épaisseurs alternativement moindres et plus considérables. Il en résulte la formation, de chaque côté de l'axe, de petites plaques séparées les unes des autres par un intervalle étroit (1). Les premières de ces petites plaques quadrilatères ap-

(1) Voy. pl. I, fig. 11, *v*. — Voy., dans le texte, fig. 20.

paraissent au milieu de l'embryon, vers le niveau de la future région thoracique; leur nombre croît rapidement vers le haut et vers le bas. Elles paraissent même, à une certaine époque, plus nombreuses que ne doivent l'être les pièces vertébrales du rachis, surtout vers l'extrémité inférieure de l'embryon : ici, en effet, elles forment, dans l'espèce humaine comme chez les autres vertébrés, une véritable queue (1), et proéminent fortement au-dessous du futur bassin. Cette queue disparaît dans la suite, principalement par l'effet de l'accroissement de la ceinture pelvienne et des membres inférieurs; mais aussi, à ce qu'il paraît, par une résorption partielle de sa propre substance.

Peu à peu les plaques vertébrales, poussant à la rencontre les unes des autres, au-dessus comme au-dessous de la corde, finissent par se souder deux à deux, et par représenter autant d'anneaux qu'il y avait de paires de plaques, renfermant encore la corde dorsale à leur centre. Ces anneaux s'élargissent, s'épaississent, étranglent de plus en plus le cylindre gélatineux qu'ils entourent, et déterminent sa disparition complète. Il n'en reste plus de traces qu'entre les anneaux (ligaments intervertébraux) : les anneaux eux-mêmes ont constitué les *corps des vertèbres*.

Avant que cette formation se soit accomplie, les arcs vertébraux (*lames et apophyses épineuses*), et les *apophyses transverses*, avec leurs prolongements costaux ou autres, ont commencé à paraître. Le *sternum* lui-même se développe à l'extrémité inférieure de ces dernières, de deux parties qui se soudent ensemble. Quant au nombre des points d'ossification qui apparaissent dans toutes ces portions primitivement cartilagineuses, et aux époques de cette apparition, je renvoie le lecteur à tous les traités d'ostéologie et d'anatomie descriptive.

Le *crâne* n'est qu'une continuation, une dilatation de la colonne vertébrale. D'après Rathke (2), la gaîne de la corde dorsale, arrivée à une certaine distance au-delà de l'extrémité antérieure de cette corde, s'étale, ainsi que ses deux ailes ou parties latérales, en une table horizontale qui forme la base future du crâne, et s'étend jusque derrière l'*infundibulum*. De là partent, en avant, plusieurs prolongements auxquels Rathke a donné le nom de *poutres du crâne*. Des trois principaux, l'un, qui est médian et impair, disparaît sans laisser de traces; les deux pairs vont toujours se rapprochant l'un de l'autre, et, chez les mammifères, se soudent de très bonne heure. Ce sont là les rudiments des os permanents de la base du crâne. Trois points d'ossification se produisent à la suite les uns des autres : le premier naît absolument de la même manière que le corps d'une vertèbre, à l'extrémité de la corde dorsale, c'est l'*os basilaire* ou *corps de l'occipital* ; les deux autres se forment dans la gaîne plastique qui prolonge la corde dorsale, ce sont le *corps postérieur* et le *corps antérieur du sphénoïde*.

Ces sortes de vertèbres se composent, en outre, de parties latérales qui se développent plus tard dans la capsule cérébrale, et jouent, par rapport à elle, le même rôle que les lames et les apophyses par rapport aux corps vertébraux du rachis. Ce sont les occipitaux latéraux, les sphénoïdaux postérieurs ou grandes ailes, les anté-

(1) Voy. plus loin, dans le texte, fig. 28, 29.
(2) *Entwickelungsgeschichte der Natter*. — Et *Vierter Bericht über das Naturwissenschaftliche Seminar zu Kœnigsberg*. 1839.

rieurs ou petites ailes; et, en dessus, l'occipital supérieur, les pariétaux, et le frontal.

La cloison des fosses nasales, les cornets du nez, l'ethmoïde appartiennent à la même formation.

Le développement de la *face* se fait par des productions analogues à celles qui se déposent, dans toute l'étendue du tronc, en dedans des deux lames de la membrane réunissante inférieure, pour former les parois de la poitrine et du ventre. A la face et au cou, ces productions sont isolées; elles croissent individuellement sous formes de lamelles qui se réunissent sur la ligne médiane, mais qui sont séparées les unes des autres par des fentes pendant un temps plus ou moins long. Elles portent le nom d'*arcs branchiaux* ou *viscéraux*. Voyons comment elles se forment, et comment plus tard elles donnent naissance aux mâchoires, à la cavité buccale, à l'hyoïde, à la paroi supérieure du cou.

Rathke (1) découvrit, sinon l'existence des fentes sur le côté du cou de l'embryon, du moins l'universalité de cette disposition anatomique chez les embryons de tous les animaux vertébrés, sans en excepter l'homme. Ces fentes transversales sont disposées régulièrement au-dessous les unes des autres, et comprennent entre elles des languettes de substance organique; l'idée que ces arcs et ces fentes étaient, sinon les analogues, du moins les représentants de l'organe respiratoire des poissons, leur a fait donner le nom d'*arcs branchiaux*, *fentes branchiales*. Reichert (2), dans son important travail sur ces organes, a changé justement cette dénomination vicieuse, à laquelle il a substitué celle d'*arcs viscéraux*, *fentes viscérales*. Mais il n'est pas d'accord avec les autres embryologistes sur le nombre des arcs viscéraux: il n'en admet jamais que trois, tandis que, d'après Rathke (3) et de Baer (4), on en observe cinq chez l'oiseau, et quatre chez les mammifères (5).

Ces quatre lamelles procèdent de l'extrémité supérieure de la colonne vertébrale. Les trois premières correspondent aux trois cellules cérébrales, ou plutôt partent des corps vertébraux qui leur servent de support; elles commencent sous forme de prolongements appliqués contre la face interne des parois latérales du capuchon céphalique, et s'avancent vers la ligne médiane de la même manière que les prolongements costaux, qui procèdent des vertèbres du dos pour former les parois thoraciques. Le quatrième arc viscéral, chez les mammifères, le quatrième et le cinquième, chez les oiseaux, ont les mêmes relations avec les vertèbres cervicales supérieures que les trois premiers avec les vertèbres céphaliques; mais leurs métamorphoses, au lieu de donner naissance à des parties permanentes du squelette, ne servent à produire que des parties molles du cou.

Nous avons vu que le feuillet séreux, ou, d'après Reichert, la membrane intermédiaire, se réfléchit de toutes parts au-dessous de la tête de l'embryon, et forme

(1) Isis, 1825, p. 747 et 1100; 1827, p. 84; 1828, p. 108. — *Abhandlungen zur Bildungs und Entwickelungsgeschichte*, t. I et II.

(2) *De arcubus sic dictis branchialibus*. Berlin, 1837. — *Meckel's Archiv*, 1837, p. 120. — *Entwickelungsleben*. — Et *Entwickelungsgeschichte des Wirbelthierkopfes*.

(3) *Ouv. cit.*

(4) *Des branchies et des vaisseaux branchiaux dans les embryons des animaux vertébrés*. Dans *Meckel's Archiv.*, 1827, 1828, et dans le *Répertoire général d'anatomie*, de Breschet, 1828, t. VI, p. 41, 51. — *Entwickelungsgeschichte*, t. I et II.

(5) Voy. pl. III, fig. 1.

entre elle et le rachis une cavité close, limitée antérieurement par la première cellule cérébrale et postérieurement par la muqueuse de l'intestin futur continue avec celle de la vésicule ombilicale, cavité dans laquelle se développe le cœur. Plus tard, l'œsophage et les organes pulmonaires se développeront dans cette même cavité (capuchon céphalique), aux dépens de la membrane intermédiaire ou de la masse blastématique qui la remplira; mais auparavant on voit se former à son intérieur les dépôts organiques désignés sous le noms d'arcs viscéraux, et se produire à sa surface plusieurs ouvertures dont les unes se fermeront, dont les autres se convertiront en orifices ou canaux permanents. Ces ouvertures sont d'ailleurs comprises entre les extrémités d'un même arc viscéral (ouvertures de la bouche, du nez), ou de chaque côté entre les arcs viscéraux voisins (fentes viscérales).

La *bouche* et ses dépendances, le nez, les deux mâchoires, le palais, se produisent aux dépens du premier arc viscéral. Voyons d'abord comment apparaît l'ouverture buccale chez l'embryon, et nous pourrons comprendre ensuite toutes les productions du premier arc viscéral.

Un bourgeon frontal, descendant au-dessous de la cellule cérébrale antérieure, et deux bourgeons latéraux (fig. 23, *ms*, *mi*) convergent vers un point de la ligne médiane, laissant entre eux un intervalle. Cet intervalle, derrière lequel le blastème contenu dans le capuchon céphalique se creuse pour former le pharynx, et au-devant duquel le feuillet séreux, qui forme le même capuchon, se détruit peu à peu comme par une sorte de corrosion, est le futur orifice buccal. Tout autour de cet orifice, se développent ensuite plusieurs appendices qui, en se combinant ensemble, constitueront le nez et la bouche, ou l'entrée des cavités naturelles. Cette entrée est d'abord simple, elle ne se dédouble que plus tard par les progrès des appendices, de manière à constituer supérieurement l'ouverture et la cavité nasales, inférieurement l'ouverture et la cavité buccales. Les appendices dépendant du premier arc viscéral, qui concourent à cette formation, sont au nombre de six, et même de huit en y comprenant les ailes du nez.

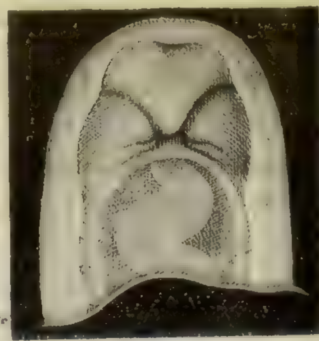


Fig. 23. *Développement de la bouche et de la face* (*).

Les deux appendices postérieurs ou inférieurs sont destinés à former, par leur réunion, la mâchoire inférieure (fig. 23, 24, 25, 26, 27, *mi*). En avant et en dehors d'eux, sont deux autres appendices plus éloignés l'un de l'autre, et qui resteront plus longtemps séparés : ce sont les mandibules supérieures ou antérieures (*ms*), destinées à former, par leur union sur la ligne médiane, la mâchoire supérieure. Mais ils sont, pendant quelque temps, rejetés tout à fait sur le côté, et si éloignés l'un de l'autre, que, dans l'intervalle qu'ils laissent entre eux, on voit se développer les bourgeons incisifs (*i*), sortes d'excroissances du bourgeon frontal primitif. Ces

(*) Apparition de l'ouverture buccale, sur un embryon humain âgé de vingt jours environ, emprunté à la collection de Coste. On voyait la réflexion récente de l'allantoïde sur la face interne du chorion. On distingue sur la fig. 23, en dehors, l'amnios; en bas et dans le milieu, le cœur, simplement tubuleux, contourné en S; au-dessus, dans l'épaisseur du capuchon céphalique, on distingue l'origine de l'ouverture buccale, formée, en haut, par un bourgeon frontal dominé par les saillies de la cellule cérébrale antérieure; sur les côtés, par un bourgeon maxillaire supérieur *m s*, et par un bourgeon maxillaire inférieur *m i*, appartenant l'un et l'autre au premier arc visceral.

deux bourgeons incisifs et les deux mandibules supérieures sont tellement écartés de chaque côté de la ligne médiane, que l'œil est, à cette époque, refoulé tout à

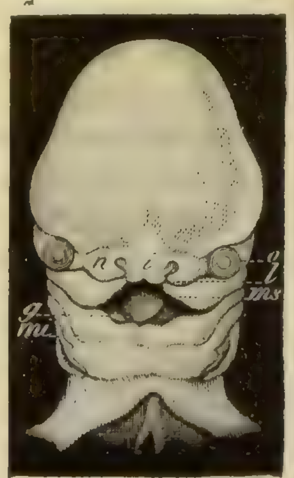
Fig. 24 (*).



Fig. 25.



Fig. 26.



Développement de la bouche et de la face.

fait en arrière (*o*), et qu'en regardant l'embryon de face il est impossible d'apercevoir cet organe. Enfin sur les côtés, entre la future narine et l'œil, se développent deux autres bourgeons dont l'accroissement donnera naissance aux ailes du nez (*l*).

Au-dessous de toutes ces parties, dans l'épaisseur du capuchon céphalique, s'est formée une vaste cavité communiquant avec l'extérieur, de chaque côté, par quatre fentes transversales (1). Ces fentes sont d'autant plus longues qu'elles sont plus antérieures; elles sont formées aussi par érosion de la portion du feuillet séreux interposé aux trois seconds arcs viscéraux, et font communiquer directement la surface extérieure du corps de l'embryon avec la cavité nouvellement formée qui prend le nom de *pharynx*. En regardant cet appareil nouveau, par sa partie postérieure, on ne peut s'empêcher d'y reconnaître l'aspect de l'os hyoïde et de l'appareil branchial des poissons (fig. 28). Nous verrons bientôt les changements qui se passent dans cette partie inférieure du système des arcs viscéraux ; arrêtons-nous, pour le moment, à ceux qui se produisent dans la partie supérieure pour compléter la bouche.

Pour que le vestibule, ou cloaque antérieur, constitue la bouche et les fosses nasales, les mandibules inférieures commencent à se réunir. Il en sera plus tard de même des mandibules supérieures; mais, avant que cette union se soit opérée, on remarque un sillon qui se porte de l'angle interne de l'œil sous l'appendice de l'aile du nez, vers l'ouverture buccale (fig. 24, 25, 26) : c'est l'origine du canal nasal, lequel s'ouvre, à cette époque, dans la bouche aussi bien que la narine correspondante. En même temps que les mâchoires supérieures marchent à la rencontre l'une

(*) Fig. 24. Développement de la bouche et de la face sur un embryon humain de vingt-cinq jours environ.

Fig. 25. Développement de la bouche et de la face sur un embryon humain de trente jours environ.

Fig. 26. *Id.* sur un embryon humain de trente-cinq jours environ.

Tous ces dessins ont été faits sur des pièces empruntées à la collection de Coste.

m i, mâchoire inférieure; *m s*, mâchoire supérieure; *i*, bourgeon incisif; *l*, bourgeon des ailes du nez; *n*, narine; *o*, œil; *g*, voûte palatine.

(1) Voy. pl. III, fig. 1.

de l'autre, les bourgeons incisifs diminuent de volume, à tel point qu'ils finissent par ne plus suffire qu'à l'implantation d'une seule dent, la dent incisive.

A mesure que la mâchoire supérieure tend à se fermer, les bourgeons de l'aile du nez (*l*) se développent. Une suture se produisant sur la joue, dont la ride interne est une trace, complète le canal nasal. L'aile du nez n'est plus libre alors par son bord externe, mais repose par ce bord sur la mandibule supérieure ; de sorte que, quand cette dernière se rapproche de la ligne médiane, elle entraîne avec elle l'aile du nez : celle-ci se réunit à celle du côté opposé et achève la formation de la face. Plus tard, le bourrelet labial vient se surajouter aux diverses formations dont la fusion a formé l'orifice buccal.



Fig. 27. *Développement de la bouche et de la face* (*).

Dans le même temps, se passent profondément des phénomènes analogues, et dont le but est le même que celui des phénomènes extérieurs, à savoir : la séparation de la bouche et des fosses nasales, et la division de celles-ci en deux moitiés latérales. Sur les bourgeons incisifs, dont les ailes du nez sont des sortes d'appendices, se creusent en dedans et en haut des dépressions qui finissent par donner naissance inférieurement à une demi-voûte palatine de chaque côté. Chacune de ces demi-voûtes s'avance vers la ligne médiane, poussée pour ainsi dire par les mandibules supérieures ; leur union détermine la séparation de la bouche et du nez. Quant à la cloison des fosses nasales, elle vient toujours de la voûte, et descend jusqu'à la rencontre du plancher avec lequel elle se soude.

L'arrêt de développement d'une ou plusieurs de ces formations suffit pour donner naissance aux monstruosités par division, de nature si diverse, qui portent sur les aboutissants de l'orifice buccal : tels sont les becs-de-lièvre, simple ou double, la division du voile du palais, de la voûte palatine, etc.

Pour compléter ce qui est relatif au développement de l'ouverture antérieure, il nous reste à dire quelques mots sur la formation des dents qui devront garnir, de leurs deux rangées, les mâchoires supérieure et inférieure. D'après Goodsir (1), vers la sixième semaine environ, chez l'embryon humain, la membrane muqueuse, qui tapisse primitivement le bord des mâchoires, s'épaissit par l'effet d'un dépôt extérieur de masse grenue. La gouttière dentaire primitive s'y développe, d'arrière en avant, sous forme de sillon. Du fond de cette gouttière s'élèvent bientôt de petites saillies ou papilles ovalaires, qui sont les germes des dents. Entre ces germes se développent les futures alvéoles, d'abord très petites par rapport à eux, mais croissant plus tard au point d'envelopper complétement les germes. Elles forment ainsi à ces derniers des espèces de sacs ou follicules. Entre le germe et le follicule s'amasse une substance gélatineuse grenue. Après la naissance, quand la dent se développe, elle se forme en partie du germe (l'ivoire), en partie du follicule (l'émail), qui s'érode pour la laisser sortir.

(*) Développement de la bouche et de la face, sur un embryon humain âgé de quarante jours environ, emprunté à la collection de Coste. *m i*, mâchoire inférieure, derrière laquelle on aperçoit un bourgeon lingual ; *m s*, mâchoire supérieure ; *i*, bourgeon incisif ; *l*, aile du nez ; *n*, narine ; *o*, œil.

(1) *Edinburg medic. and surg. Journ.*, t. XXXI, p. 1.

D'autres phénomènes s'accomplissent simultanément dans l'intérieur de la *cavité pharyngienne*. Celle-ci est très évasée vers la bouche, très rétrécie au niveau de l'œsophage et de la cavité pulmonaire commençante, et communique avec l'extérieur par les quatre fentes viscérales (fig. 28). Elle est limitée, en haut, par le premier arc converti en mâchoire; en bas, par deux ouvertures, celle de l'œsophage et celle qui conduira dans le larynx et la trachée, c'est-à-dire la glotte future. Sur la ligne médiane, entre la mâchoire inférieure et le second arc viscéral, on voit se soulever, du plancher même du pharynx, un petit bourgeon médian qui grandit peu à peu, et finit par former la *langue* (fig. 29). Le second et le troisième arc viscéral occupent par rapport à elle la position de l'*hyoïde*, qu'ils vont bientôt former en effet, l'un donnant naissance à ses petites cornes, l'autre à son corps et à ses grandes cornes. Le second va de plus former l'étrier et le ligament styloïdien. Quant au marteau et à l'enclume, ils sont des dépendances du premier arc viscéral.

La fente située entre la mâchoire inférieure et le second arc viscéral commence alors à s'oblitérer, mais seulement à sa partie interne; sa moitié externe va donner lieu, tant à l'extérieur qu'à l'intérieur, à des formations très importantes. Extérieurement, elle se transforme en *conduit auditif et oreille externes;* intérieurement, en *caisse du tympan et trompe d'Eustache*. Aussi ces parties ne présentent-elles des caractères distinctifs qu'à une époque avancée. Nous savions déjà, d'après Meckel (1), qu'on aperçoit seulement vers la fin du second mois le conduit auditif externe et les rudiments du pavillon.

Tandis que la langue se développe au-dessus des deux seconds arcs viscéraux, on voit naître au-dessous une petite élévation arrondie unie au rudiment de la langue par une languette étroite croissant de plus en plus et courbant son sommet en arrière : c'est l'*épiglotte*. Au-dessous de ce point, la masse plastique qui réunit entre eux, dans le milieu, les quatrièmes arcs viscéraux, donne naissance au *larynx* en produisant d'abord les cartilages aryténoïdes.



Fig. 28. *Arcs viscéraux, poumons, estomac, foie* (*).

Voilà à peu près tout ce qui reste de l'appareil branchial : les autres portions des arcs viscéraux se fondent avec les parties molles de la région supérieure du cou, et le larynx une fois formé remonte vers l'os hyoïde, pour contracter avec lui les rapports qu'il est destiné à conserver pendant toute la vie. En effet, la troisième fente branchiale tarde peu, après la seconde, à se remplir de masse plastique, sans donner naissance à aucune partie permanente spéciale. Il en est de même du quatrième arc viscéral, et de la quatrième fente, plus petite que les autres, située entre lui et le reste du cou.

Entre la cavité pharyngienne, dont on vient de voir la formation, et l'extrémité antérieure du tube intestinal proprement dit, existe un intervalle. Cet intervalle, à la vérité très court, touche, en haut ou en avant, à l'extrémité inférieure du pharynx, en bas ou en arrière, au cul-de-sac

(1) *Manuel d'anatomie*, t. III, p. 194.

(*) Appareil des arcs viscéraux et des fentes viscérales, chez un embryon humain de trente-cinq jours environ, emprunté à la collection de Coste. La cavité du pharynx est ouverte et laisse voir sa face interne.

m, mâchoire inférieure; *h*, petites cornes de l'hyoïde; *b*, arcs viscéraux inférieurs; *g*, glotte; *p*, poumons; *f*, foie; *e*, estomac; *i*, intestin.

ou entrée antérieure de l'intestin futur (*aditus anterior ad intestinum* de Baer, *fovea cardiaca* de Wolff). Il est rempli de blastème ou matière organisable, ou, si l'on veut, de la portion de membrane intermédiaire de Reichert comprise entre le cœur et le rachis. Aux dépens de ce blastème, entre le pharynx et l'estomac, vont se former l'œsophage, la trachée et les poumons.

L'*œsophage* est moins le commencement de l'intestin que le canal de communication du pharynx et de la cavité orale avec le commencement même du tube intestinal. Nous pensons, en effet, avec Reichert, que l'*aditus anterior* de la muqueuse ombilico-intestinale ne pénètre pas jusqu'à la bouche, et qu'il ne contribue pas en conséquence à former cette cavité. Il ne doit former non plus ni le pharynx ni l'œsophage ; il est plus probable que sa communication avec les cavités antérieures qui dépendent d'un feuillet autre que le feuillet muqueux, se fait seulement au niveau du cardia, c'est-à-dire dans le point où l'œsophage se joint à l'estomac.

Nous sommes d'autant plus porté à adopter cette opinion, que, jusqu'ici, les idées que l'on a sur le développement de la portion œsophagienne du tube digestif sont pleines d'obscurité, et que d'ailleurs on ne peut douter du mode tout spécial de ce développement, si l'on songe à l'absence de mésentère entre la colonne vertébrale et l'œsophage, et à la présence constante de cette attache membraneuse sur tout le reste du tube digestif, , c'est-à-dire sur l'intestin proprement dit.

D'ailleurs, l'œsophage ne subit, dans le cours de son développement, aucun changement notable. Il s'accroît beaucoup en longueur, comme on peut en juger en mesurant, sur la fig. 28, le peu d'étendue qu'il occupe d'abord ; mais il ne change pas de direction et reste toujours à peu près rectiligne.

Sur la face antérieure de ce conduit membraneux, immédiatement au-dessous de la cavité pharyngienne, on voit se développer les *poumons*. Nous avons dit qu'une petite ouverture paraît dans ce point, en haut et en avant de la face interne de l'œsophage (fig. 28, *g*). Cette ouverture conduit, d'après Coste, dans un bourgeon médian, où se creuse bientôt un cul-de-sac très court. Ce bourgeon, ce cul-de-sac, formeront l'appareil pulmonaire tout entier; la petite ouverture, en s'allongeant, se convertira en trachée-artère et larynx.



Fig. 29.
Hyoïde, poumons (*).

Le bourgeon médian, en effet, est bientôt divisé par une fente en deux bourgeons latéraux ; la cavité qui le creusait se prolonge dans chacun des deux nouveaux bourgeons, se bifurquant comme l'excroissance primitive en deux cavités latérales dont l'une sera le poumon droit, l'autre le poumon gauche (fig. 28, *p*). Ces culs-de-sac, poches ou ampoules pulmonaires, constituent une disposition transitoire comparable à la disposition permanente des poumons de certains animaux.

Tout le développement ultérieur du poumon consiste dans la dichotomisation successive de ces culs-de-sacs dont l'ensemble forme, à la fin, une sorte d'arbre creux à extrémités terminales renflées.

L'échancrure, marquant la division de la cavité pulmonaire primitive en deux, monte d'abord jusqu'au niveau de l'ouverture commune de ces cavités dans l'œso-

(*) Développement de la langue, de l'hyoïde, de la glotte, de la trachée et des poumons sur un embryon humain âgé de quarante jours environ, emprunté à la collection de Coste.
m, mâchoire inférieure ; *h*, hyoïde ; *g*, glotte ; *t*, trachée ; *p*, poumons.

phage. Il n'y a pas alors, à proprement parler, de trachée-artère, mais seulement un intervalle creux de communication très court, et qui, s'allongeant peu à peu, donne naissance au tube aérifère (fig. 29, *t*).

Ce mode de formation des poumons a été admis d'abord par Rathke (1), Wagner (2) et plusieurs autres embryologistes. Plus tard, Rathke (3) est revenu à l'opinion de Baer (4), qui fait provenir les poumons, chez le poulet, après le milieu du troisième jour, de deux petits tubercules primitifs, et jamais de la division d'un tubercule unique (fig. 30, A, B).

Ce dernier embryologiste croyait aussi les poumons primitivement creux. Rathke pensait, au contraire, qu'ils sont d'abord solides, et les considérait conséquemment comme une végétation de la membrane externe de l'œsophage. Suivant Reichert (5), ils ne sont ni un cul-de-sac de la paroi de l'œsophage prise dans sa totalité, ni un bourgeonnement de sa tunique extérieure; mais une masse claviforme de cellules se formant, comme l'œsophage, comme tous les organes voisins, aux dépens de la membrane intermédiaire, et paraissant à peu près dans le même temps que le foie. Bischoff (6) admet qu'ils naissent à la partie supérieure de l'œsophage, au-dessus de l'estomac, sous la forme de deux tubercules provenant d'un bourgeonnement de la couche œsophagienne externe, dans lequel ne pénètre pas la couche interne.

Le mode de développement de la *trachée* qui vient d'être exposé, et qui a été décrit pour la première fois par de Baer, est aussi très controversé. D'après Rathke, la trachée ne serait pas formée par l'allongement de la racine commune des deux poumons s'éloignant peu à peu de leur origine; mais elle existerait de très bonne heure entre les rudiments pulmonaires et le futur larynx, sous la forme d'une couche muqueuse étendue le long de l'œsophage, dans laquelle se développerait plus tard une cavité. Suivant Reichert (7), on verrait, à partir des rudiments des poumons, deux languettes blanchâtres et un peu plus consistantes que le reste du blastème, se portant en avant, le long du tube intestinal, et se réunissant bientôt pour produire la trachée.

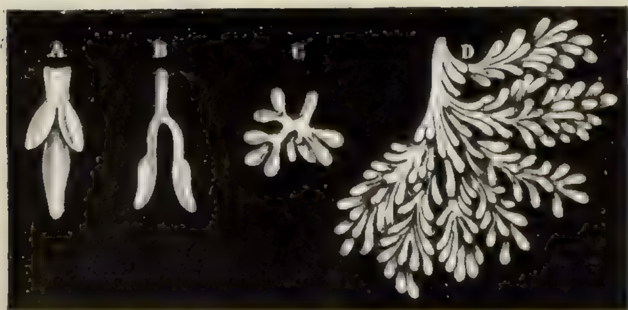


Fig. 30. *Développement des poumons* (*).

Les anneaux de la trachée naissent sous forme de languettes simples, et passent par tous les degrés de la formation des cartilages.

Le développement du tissu pulmonaire, c'est-à-dire la formation des cellules du poumon et des ramifications bronchiques, ressemble beaucoup à celui des glandes en grappe et semble suivre la même marche. Les deux rudiments des poumons, d'abord lisses et sans divisions superficielles, se composent d'un blas-

(1) *Physiologie de Burdach*, t. III, p. 485.
(2) *Histoire de la génération et du développement*, p. 112.
(3) *Meckel's Archiv*. 1830, p. 70.
(4) *Entwickelungsgeschichte*, etc., t. I, p. 6.
(5) *Entwickelungsleben*, p. 193.
(6) *Ouv. cit.*, p. 335.
(7) *Ouv. cit.*, p. 193.
(*) A, B, développement des poumons, d'après Rathke.
C, D, développement histologique des poumons, d'après Müller. Formation des ramifications bronchiques et des cellules pulmonaires.

tème formé de cellules dont l'intérieur offre, dans chaque poumon, une petite figure claviforme. Quand une cavité commence à se former dans la trachée et dans les bronches, qui sont primitivement solides, on voit ces premiers rudiments bronchiques pousser des bourgeons sur leurs côtés et à leurs extrémités, comme les glandes à grappes. Ces bourgeons représentent les ramifications des bronches (fig. 30, C, D) : ils ont exactement la même forme que les premiers rudiments, et l'on voit aussi la cavité future se préparer dans leur intérieur. Avec le temps, les ramifications des bronches deviennent de plus en plus nombreuses et serrées; mais leurs derniers rejetons seuls constituent les cellules pulmonaires, qui tiennent ici la place des vésicules glandulaires. Ces cellules se recouvrent d'un épithélium et renferment une cavité dans laquelle l'air pénètre après la naissance.

L'apparence celluleuse extérieure des poumons, chez le jeune embryon, n'indique pas, du reste, la formation précoce des véritables cellules pulmonaires à leur intérieur : elle annonce tout simplement le développement de leurs lobes et de leurs lobules.

Lorsque les rudiments du système vertébral de la tête et du tronc se sont produits et que les organes des cavités viscérales ont commencé à se développer, on peut apercevoir les premières traces des extrémités, sous la forme de deux languettes étroites qui s'élèvent le long des côtés de l'embryon et prennent plus d'accroissement en haut et en bas que dans le milieu, de manière à former de chaque côté deux saillies perpendiculaires aux parois latérales du corps (1).

Les *membres* se développent de cette manière, non seulement chez tous les mammifères, mais chez tous les vertébrés: qu'ils doivent servir ensuite à la natation, à la reptation, à la marche ou au vol, leur forme première est toujours la même. Cette élévation primitive laisse bientôt distinguer une extrémité un peu plus large, aplatie, arrondie, et un pédicule plus rond qui est uni au corps (fig. 27). La plaque est le rudiment de la main ou du pied; le pédicule, celui du bras et de l'avant-bras, ou de la cuisse et de la jambe.

Quelque temps après, ces tubercules deviennent plus saillants, et l'on remarque, au bord arrondi de l'extrémité plate, quatre légères échancrures, qui sont les indices de la séparation des doigts et des orteils.

Dans les membre, comme dans les autres parties du corps, les *muscles* sont, ainsi que les os, les vaisseaux, les nerfs et tous les autres tissus, un produit de la séparation histologique qui s'opère, par l'effet du développement, dans la masse primordiale commune à tous les organes ou appareils d'organes. Suivant Burdach (2), on commence à les apercevoir, dans l'embryon humain, à la fin du troisième mois. D'après Valentin (3), ils se développent dans l'ordre suivant : d'abord les deux couches profondes des muscles dorsaux, puis le long du cou, le grand et le petit droits antérieurs de la tête; viennent ensuite le droit et le transverse du bas-ventre; en quatrième lieu, les muscles des extrémités, les deux couches supérieures de ceux du dos, le grand oblique et le petit oblique; enfin les muscles de la face.

(1) Voy. pl. III, fig. 2.
(2) *Physiologie*, t. III. p. 401.
(3) *Entwickelungsgeschichte*, etc., p. 166. — *Müller's Archiv*, 1840, p. 198.

Quand les organes abdominaux se sont développés et remplissent la cavité du ventre, ils refoulent les poumons et le cœur dans la poitrine ; dans ce moment, se développe le diaphragme.

La *peau* apparaît de très bonne heure, dès le commencement du second mois, à la surface du corps de l'embryon, sous la forme d'une couche composée du derme et de l'épiderme réunis. On aperçoit les papilles dès le quatrième mois, presque avec le même aspect que chez l'adulte. L'épiderme commence à se séparer du derme dans le courant du second mois. Le panicule adipeux paraît, dès la quatorzième semaine, à la plante du pied et au creux de la main ; les glandes sébacées dans toutes les autres parties du corps, vers le milieu du quatrième mois, et les glandes sudorifères vraisemblablement au commencement du cinquième mois.

Le *poil*, qui paraît d'abord chez l'embryon, est d'une nature particulière ; il porte le nom de *duvet*, *poil follet*, *lanugo*. Il est très fin et très mou, ne devient pas très long, tombe en partie durant les derniers mois de la vie intra-utérine et se mêle aux eaux de l'amnios ; le reste tombe après la naissance. Eschricht (1) a décrit avec soin la disposition qu'il affecte sur les divers points de la surface du corps.

La formation des poils commence à la fin du troisième mois. Elle s'annonce d'après Heusinger (2), par l'apparition de petits grains de pigment dans le derme. Ces espèces de taches, d'abord globuleuses, prennent ensuite, d'après Valentin (3), une forme pyramidale conique ; elles constituent de véritables follicules, que leur enduit pigmentaire avait rendus visibles de bonne heure et dans lesquels existe déjà un petit poil. Ce petit poil s'est formé sur une matière pulpeuse, sur une sorte de papille conique qui s'est élevée du fond du sac ou follicule.

Dès le troisième mois, on reconnaît, à la dernière phalange des doigts, le pli circulaire qui doit plus tard se creuser en matrice de l'*ongle*. Mais c'est seulement au cinquième mois que l'ongle, composé de cellules aplaties comme celles de l'épithélium, acquiert un peu de solidité avec les caractères qui le distinguent de l'épiderme.

Pour terminer l'histoire des productions organiques qui dérivent du feuillet animal du blastoderme, il ne nous reste plus à étudier que le développement de l'orifice inférieur du tronc. De même que nous avons rattaché au développement de l'orifice supérieur la formation de la bouche, du nez, de l'hyoïde, du pharynx, de l'œsophage et des poumons, de même aussi nous rattacherons à celui du cloaque inférieur la formation de l'anus, des parties génitales externes, et des organes génito-urinaires internes.

Les *parties génitales externes* ne se développent qu'après que les corps de Wolff se sont produits dans la cavité du ventre et même que les organes génitaux internes ont commencé à se former. D'après Tiedemann (4), et la figure d'embryon humain que nous avons sous les yeux, leur développement commence vers la cinquième semaine.

(1) *Müller's Archiv*. 1837, p. 37.
(2) *Reil's Archiv.*, t. VII, p. 409.
(3) *Entwickelungsgeschichte*, p. 275.
(4) *Anatomie der kopflosen Missgeburten*. Landshut, 1813, p. 81.

Cet appareil se forme, comme l'appareil buccal, aux dépens du feuillet interne du blastoderme sous lequel s'accumule la matière plastique. Cette accumulation de blastème donne d'abord naissance à une éminence médiane, simple, ovalaire, d'où proviennent secondairement des espèces de bourgeons destinés à former une série d'appendices. Sur le milieu de l'éminence primitive, et dans une direction longitudinale, se dessine une fente, une ouverture linéaire, d'abord de dehors en dedans par corrosion du feuillet tégumentaire externe, puis de dedans en dehors par corrosion du feuillet intestinal qui forme en ce point un cul-de-sac (*aditus inferior ad intestinum*). Cette fente longitudinale est l'orifice commun de tous les appareils internes correspondants qui sont en voie de formation, de même qu'avec sa première forme, l'ouverture buccale est commune à toutes les cavités qui y deviendront secondairement distinctes. C'est donc un véritable *cloaque* (fig. 31).



Fig. 31. *Développement de l'anus et des organes génitaux externes* (*).

Plus tard se développent, d'après Coste (1), deux éminences arrondies, placées une de chaque côté et un peu en avant de la saillie primitive (fig. 32). Ce sont les futurs *corps caverneux* qui serviront à constituer bientôt, chez l'homme, la *verge*; chez la femme, le *clitoris et les petites lèvres*.

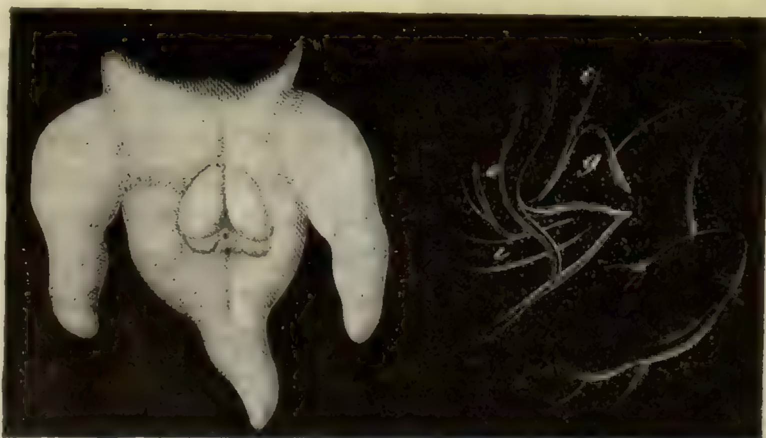


Fig. 32. *Développement de l'anus et des organes génitaux externes* (**).

Les deux éminences précédentes se réunissent d'abord par leur face supérieure ou dorsale, laissant entre les faces opposées une demi-gouttière inférieure. Dans la formation de l'appareil femelle, cette demi-gouttière persiste; dans celle de l'appareil mâle, elle est fermée en dessous par une sorte de soudure qui convertit le demi-canal primitif en un canal complet

(*) Développement de l'anus et des organes génitaux externes, sur un embryon humain âgé de trente-cinq jours environ, emprunté à la collection de Coste. *i*, intestin sur les côtés duquel on voit deux masses blanches (corps de Wolff) : au-dessous est la section de l'ouraque et des artères et veines ombilicales; plus bas encore, le repli cutané légèrement renversé sur l'ouverture ano-génitale. Celle-ci consiste en une simple fente pratiquée au milieu d'une éminence ovalaire; *m i*, membres inférieurs; *q*, prolongement caudal.

(1) *Ann. franç. et étr. d'anat. et de physiol.*, 1838, t. II, p. 69.

(**) Développement de l'anus et des organes génitaux externes, sur un embryon humain âgé de trente-cinq à quarante jours, emprunté à la collection de Coste. *o*, ouraque et pédicule de la vésicule ombilicale; de chaque côté, les vaisseaux ombilicaux. *g*, repli cutané du cordon ombilical largement ouvert; *i*, intestin; *g*, saillie médiane produite par le développement de l'appareil génital. En observant cette saillie de face, sur la figure placée à côté, on voit supérieurement deux éminences latérales, origine des futurs corps caverneux; inférieurement deux éminences plus petites, origine des futurs scrotum ou grandes lèvres. Sur la ligne médiane en haut, une fente entre les origines des corps caverneux : plus bas une ouverture, orifice uro-génital; plus bas encore une seconde ouverture, l'anus.

(l'urètre). De l'arrêt de développement de cette soudure résulte le vice de conformation connu sous le nom d'*hypospadias*.

En même temps se développe, en dedans aussi bien qu'en dehors, une cloison transversale destinée à séparer le rectum de l'appareil génital, l'anus de l'orifice génito-urinaire.

Le clitoris et les petites lèvres forment donc, chez les femelles, un système comparable à celui des corps caverneux chez les mâles. Coste a constaté cette analogie en étudiant le développement de l'appareil génital des brebis; il repousse en même temps celle qu'on a voulu établir entre les petites lèvres et le scrotum, lequel est au contraire assimilable sous tous les rapports aux grandes lèvres. Outre les phénomènes embryologiques, on peut citer, à l'appui de cette opinion, la disposition, chez la femme, de la hernie inguinale qui descend dans la grande lèvre, comme chez l'homme le testicule descend dans le scrotum, et certains cas d'hermaphrodisme mâle où l'on voit les testicules dans les scrotums séparés qui simulent des grandes lèvres.

Voici, du reste, le mode de formation du *scrotum* : dans les premiers temps de la production de l'appareil génital externe, se développent, au-dessous des futurs corps caverneux, deux corps sphéroïdaux saillants (fig. 32) qui se portent ensuite un peu en dehors et ne présentent d'abord aucune différence, quel que doive être le sexe de l'embryon sur lequel on les observe (fig. 33). J. Müller (1) a figuré aussi cette disposition sur un embryon humain. Mais, plus tard, suivant que cet embryon devra être mâle ou femelle, les phénomènes du développement se passent, dans l'un et dans l'autre cas, d'une tout autre manière.



Fig. 33. *Développement de l'anus et des organes génitaux externes* (*).

Chez les mâles, le corps caverneux remonte vers l'ombilic. Les deux scrotums, très éloignés l'un de l'autre, ne changent pas de place; mais, par suite des changements de position relative, ils se trouvent en arrière des corps caverneux qui sont encore à l'état de demi-canal. Quand l'hypospadias a complétement disparu, les scrotums viennent au contact et se confondent sur la ligne médiane.

Si les organes génitaux se modifient au contraire en appareil femelle, le clitoris et les petites lèvres tendent à descendre au lieu de monter; ils empêchent ainsi la fusion des grandes lèvres qui se réunissent seulement en arrière et en avant, embrassant dans leur ouverture moyenne le clitoris, les petites lèvres et l'orifice uro-génital ou le vagin. Chez la brebis, qui n'a pas de grandes lèvres, les scrotums primitifs, destinés à former ces organes, remontent, après la descente des corps caverneux, se portent de plus en plus en avant, restent toujours séparés et s'atrophient peu à peu jusqu'à disparition complète. Chez le kanguroo mâle, le scrotum, au lieu de se former par la réunion des deux moitiés primitives, en arrière des

(1) *Meckel's Archiv*. 1829. — *Bildungsgeschichte der Genitalien*, etc. Dusseldorf. 1830.

(*) Développement des organes génitaux externes, sur un embryon humain un peu plus âgé, mais dont on ne peut pas encore distinguer positivement le sexe.

p. corps caverneux (pénis ou clitoris), en dessous desquels court une gouttière médiane aboutissant à l'orifice uro-génital ; *b*. scrotums (bourses ou grandes lèvres), encore non réunies sur la ligne moyenne ; *a*. anus.

corps caverneux, se trouve placé en avant : ce changement de position relative tient à ce que les corps caverneux primitifs, au lieu de monter vers l'ombilic, comme cela arrive habituellement, sont descendus au-dessous des scrotums.

On comprend, d'après ce qui précède, toutes les apparences d'hermaphrodisme que l'appareil génital externe peut présenter. Il n'en est pas de même pour l'appareil génital interne : jamais, en effet, la présence simultanée d'ovaires et de testicules n'a été observée chez l'homme. L'hermaphrodisme vrai n'existe donc pas : des arrêts de développement, des lésions de l'appareil génital peuvent le simuler. Cette éventualité est d'autant plus possible, que la formation de l'appareil mâle et celle de l'appareil femelle, tant au dehors qu'au dedans, sont jusqu'à une certaine époque tout à fait identiques, et que les analogies qui, dans l'état embryonnaire, nous empêchent d'en faire la distinction, peuvent, en persistant jusqu'à qu'à l'âge adulte, jeter les observateurs dans le même embarras. Mais ces analogies de forme ne doivent pas nous faire admettre l'identité de fond ou de destination. Elles ne doivent pas non plus nous laisser supposer l'incertitude ou la contingence du sexe futur : la détermination du sexe, en effet, paraît n'être soumise à l'action d'aucune modification externe, ne dépendre d'aucun agent matériel placé en dehors de l'organisme, mais se trouver irrévocablement décidée dans le germe aussitôt après la fécondation (1).

L'*appareil génital interne* se développant indépendamment de l'externe, il peut se faire que l'un des deux se développe plus ou moins que l'autre, et que cette différence donne lieu à des monstruosités dont l'existence paraîtrait, sans cette observation, tout à fait inexplicable. Dans le développement des organes génitaux internes, auquel nous joindrons celui des organes urinaires, qui se fait simultanément et dans le même lieu, nous distinguerons deux périodes : d'abord le développement des corps de Wolff (état transitoire), puis celui des testicules ou ovaires, reins, capsules surrénales, etc. (état permanent).

On sait que l'allantoïde se forme par une sorte de bourgeonnement creux qui part de la face antérieure de la portion rectale de l'intestin, ou que du moins sa cavité entre de bonne heure en communication avec celle de ce cul-de-sac inférieur du tube digestif. La vésicule allantoïdienne conserve quelque temps ces rapports par l'intermédiaire de son pédicule creux (ouraque), dont la partie inférieure se transforme elle-même en vessie urinaire. Il s'ensuit que les parties génito-urinaires internes et l'intestin aboutissent à un véritable cloaque, comparable à celui que nous avons vu à l'extérieur précéder la formation de l'anus et de l'orifice urogénital.

Avant de distinguer aucune trace de testicule ou d'ovaire, de rein et de matrice, on voit, dans la cavité du corps, des organes particuliers, d'aspect glandulaire, placés sur les côtés de la colonne vertébrale et s'étendant de la poitrine au bassin, organes auxquels on a donné le nom de *corps de Wolff ou d'Oken*, en souvenir des premiers anatomistes qui les ont décrits. Ils sont déjà très développés dans un embryon de trente-cinq jours (voy. fig. 31). Wolff (2) prit ces organes pour les reins eux-mêmes. Après lui, on supposa qu'ils étaient des appareils vasculaires : plusieurs anatomistes les regardèrent comme une sorte de terrain commun pour la formation des glandes génitales et urinaires, et crurent que de leur division résultaient le rein

(1) Voy. plus haut, p. 134.
(2) *Theoria generationis*. Halle, 1774, p. 132.

d'une part, le testicule ou l'ovaire de l'autre. Rathke (1) prétendit qu'ils disparaissent totalement chez les femelles, mais qu'ils persistent en partie chez les mâles pour former l'épididyme ; et J. Müller (2) pensa que leurs conduits excréteurs se transforment immédiatement en canal déférent et en trompe. Coste (3) redressa cette erreur en démontrant que ces derniers canaux se forment bien le long du côté externe des corps de Wolff, mais sur une ligne distincte du conduit excréteur de ces organes: plus tard, Bischoff (4) adopta à peu près la même opinion. Il est prouvé aujourd'hui que ce sont des organes sécréteurs particuliers, des glandes de dépuration, dont la présence est sans doute nécessaire chez le fœtus.

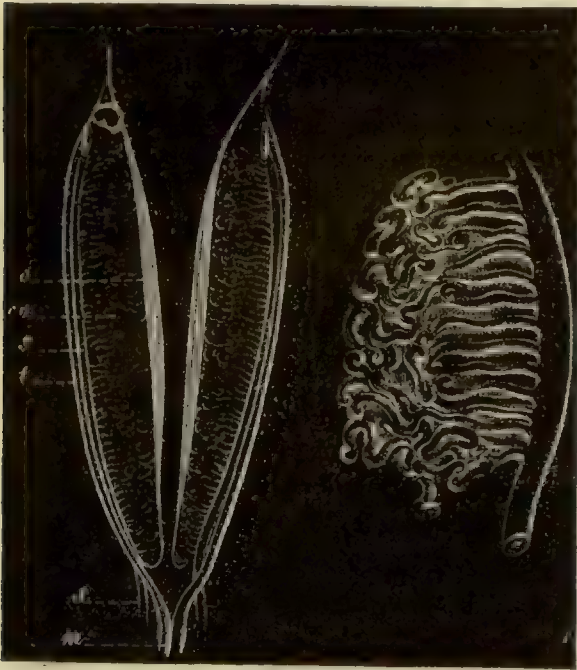


Fig. 34. *Corps de Wolff, reins, organes génitaux internes* (*).

Les corps de Wolff consistent d'abord en deux masses amorphes, étendues du sommet de la poitrine au cloaque avec lequel ils entrent en rapport. On peut y distinguer trois parties essentielles : une interne, allongée, fusiforme (fig. 34, *o*); une externe, sorte de filament ou de canal, étendu dans toute la longueur de l'organe (fig. 34, *s*, *t*), et une moyenne (fig. 34, *c*, *v*), qui est le corps de Wolff proprement dit. La partie interne deviendra le *testicule* chez le mâle, l'*ovaire* chez la femelle, et sera par conséquent bien différente, un peu plus tard, de ce qu'elle est en ce moment. Le filament blanc externe est complexe ; il est composé de deux canaux placés à côté l'un de l'autre : le plus externe de ces canaux (fig. 34, *t*) deviendra l'*épididyme* et le *canal déférent* chez le mâle, l'*oviducte* chez la femelle; l'interne, au contraire, appartient bien réellement au corps de Wolff dont il constitue le *canal excréteur* (fig. 34. *s*). Le parallélisme du spermiducte ou de l'oviducte avec le canal excréteur du corps de Wolff a été la cause de l'erreur de Meckel et des autres anatomistes qui ont fait provenir les conduits génitaux de la substance même de l'organe embryonnaire dont nous parlons.

Quant à l'appareil urinaire (*rein*, *capsule surrénale*, *uretère*), il se développe derrière le corps de Wolff (fig. 35, *c*, *r*, *u*), dont il est aussi parfaitement distinct.

Les corps de Wolff sont donc complétement indépendants de toutes les productions environnantes ; ils sont également étrangers et aux organes urinaires et aux organes génitaux internes. Examinons quelle est leur nature.

(1) *Entwickelungsgeschichte der Natter*, p. 210.
(2) *Entwickelungsgeschichte der Genitalien*, etc., p. 34 et 38.
(3) *Ann. fr. et étr. d'anat. et de phys.*, 1839, t. III, p. 329.
(4) *Ouv. cit.*, p. 369.
(*) Corps de Wolff, d'après Coste. *c r*, corps de Wolff; *s*, canal excréteur du corps de Wolff; *o*, ovaire ou testicule futur; *t*, oviducte ou spermiducte futur; *m*, matrice future. La figure placée à côté montre la structure glandulaire de ces organes.

Dans le principe, on trouve, au bord externe de chaque corps de Wolff, un canal ou cylindre creux sur un seul côté duquel (le côté interne) est développée une série linéaire de cœcums simples, communiquant avec lui et versant dans son intérieur un liquide particulier (voy. fig 34). Par l'intermédiaire de ce canal, véritable conduit excréteur, le liquide produit par les cœcums est porté directement dans le cloaque (voy. fig. 35), sur les parties latérales et postérieure de cette cavité, vis-à-vis son point de communication avec l'allantoïde.

Plus tard, le corps de Wolff se complique. Les tubes creux et aveugles, qui contribuent à le former, s'accroissent d'une manière plus ou moins considérable, et l'espace dans lequel se fait leur développement ne grandissant pas proportionnellement à la quantité dont ils s'allongent, ils se replient sur eux-mêmes, se contournent et prennent l'aspect d'un épididyme (voy. fig. 34). Ainsi la masse totale de l'organe est augmentée; mais chaque cœcum reste toujours simple, sans ramifications, ce qui est un caractère distinctif du corps de Wolff.



Fig. 35. *Corps de Wolff, reins, organes génitaux internes* (*).

Cet organe est, du reste, évidemment glandulaire. Lorsqu'on le coupe et qu'on l'exprime, on fait sortir, des petits tubes qui le constituent, le liquide sécrété. Ce liquide ne peut se rendre, aux premières époques du développement et surtout chez les oiseaux, que dans l'allantoïde où arrive aussi plus tard l'urine sécrétée par les reins. Or, dans la cavité de cette membrane, on trouve quelquefois, avant que les reins soient développés, des plaques ou des concrétions organiques qui ne peuvent provenir que de la condensation du liquide sécrété par les corps de Wolff. De là, le nom de *reins* que Wolff leur avait donné, et ceux de *faux reins*, *reins primordiaux*, *reins primitifs* sous lesquels Jacobson (1) et Rathke les ont désignés avec juste raison.

Chez l'homme, les faux reins disparaissent rapidement : dès le second mois, il n'en reste que de faibles débris. Le premier phénomène de leur destruction consiste dans un raccourcissement par l'effet duquel il sont ramenés dans l'abdomen. En même temps l'ovaire ou le testicule, l'oviducte ou le spermiducte prennent un plus grand développement : du reste, ces derniers organes ne peuvent pas encore se différencier; mâle et femelle ont alors un véritable pavillon et une véritable trompe (fig. 35, 36, 37, *t*). Le diaphragme, en se développant, relègue, dans le ventre et dans la poitrine, les organes qui doivent être propres à chacune de ces cavités : le corps de Wolff est ainsi ramené dans le bassin, et c'est dans sa partie inférieure, c'est-à-dire de bas en haut, que son décroissement s'opère. Le rein devient plus

(*) Corps de Wolff et appareil uro-génital interne de l'embryon humain, d'après Coste.

cv, corps de Wolff; *o*, ovaire ou testicule; *s*, canal excréteur du corps de Wolff; *t*, spermiducte ou oviducte; *m*, future matrice; *c*, capsule surrénale; *r*, rein; *u*, uretère; *v*, vessie; *gi*, gros intestin, rectum.

(1) *Die Oken' schen Körper oder die Primordialnieren*, etc. Copenhague, 1830.

saillant au-dessus de lui, et montre, avec toute évidence, qu'il en est indépendant. L'épididyme commence à se former par un enroulement de l'extrémité du spermiducte, ce qui a pu contribuer encore à faire adopter l'opinion erronée qu'il provenait du corps de Wolff. Enfin, ce dernier n'est plus contenu que dans l'épaisseur du ligament large (fig. 36), et ne tarde pas à s'effacer entièrement, sans laisser aucune trace de son existence (fig. 37).



Fig. 36. *Corps de Wolff, reins, organes génitaux internes* (*).

La disparition complète des corps de Wolff a lieu à une époque variable, selon les espèces. Ainsi, très apparents au trentième jour, ils ont complétement disparu au cinquantième, dans l'embryon humain. Chez le lapin, dont la vie fœtale n'est que de trente jours, on les voit jusqu'au vingt-quatrième. Chez les ovipares, ils existent encore, même après l'éclosion. Leur durée semble donc être proportionnée à l'infériorité des espèces animales. Il paraît même que, dans quelques unes, ils laissent une trace de leur existence : tel est, d'après Coste (1), le conduit borgne et sans importance, connu, dans les organes génitaux de la brebis, sous le nom de canal de Garthner.

Voyons maintenant comment se forme la vessie, et comment s'établissent les rapports de cet organe avec les uretères, les oviductes, la matrice.

Dans le cloaque, au point qui est en communication avec l'ouraque, on voit arriver de chaque côté deux canaux descendants : en arrière, au niveau de la naissance de l'ouraque sur le rectum, le conduit excréteur du rein ou *uretère* (fig. 35, 36, *u*) ; en avant, et séparés l'un de l'autre par un petit espace, le canal excréteur du corps de Wolff et celui de l'appareil génital qui lui est contigu (fig. 35, 36, *s*, *t*). A cette époque, les formes génitales sont identiques dans les deux sexes : l'appareil externe offre la disposition d'une gouttière ou d'un demi-canal ; l'appareil interne ressemble plus à celui qui sera permanent chez la femelle, qu'à celui qui lui succédera chez le mâle, car le canal ou la trompe se terminent alors, l'un et l'autre, par un pavillon évasé.

A une autre époque, les points d'insertion de l'uretère, du spermiducte, ou de l'oviducte, s'écartent davantage (fig. 36) : l'uretère s'abouche un peu plus haut, se déjette légèrement au-dessus du niveau qu'il occupait sur la région qui deviendra celle de la vessie ; le canal déférent se porte un peu plus en avant. Alors l'éperon, situé entre l'ouraque et le rectum (fig. 36, *v*), descend vers l'anus et divise le cloaque en deux cavités : l'une appartenant exclusivement au rectum, l'autre à l'appareil génito-urinaire.

Dans cette dernière cavité viennent déboucher, de chaque côté, trois canaux : le pédicule de l'allantoïde, l'uretère et l'oviducte ou le spermiducte. Au-devant d'elle, se trouve le vestibule commun qui les met en relation avec l'extérieur, et qui représente la *portion membraneuse et bulbeuse de l'urètre*. Enfin, entre les points

(1) *Ann. fr. et étr. d'anat et de physiol.*, t. III, p. 326.

(*) Développement des organes génito-urinaires, sur un embryon humain plus âgé, d'après Coste. *c c*, corps de Wolff ; *o*, ovaire ou testicule ; *c*, capsule surrénale ; *r*, rein ; *u*, uretère ; *t*, spermiducte ou oviducte, canal déférent ou trompe ; *v*, vessie urinaire ; *gi*, gros intestin, rectum.

d'abouchement des deux canaux uretère et spermiducte, se fait une légère constriction qui correspond au *col de la vessie :* dès lors, l'uretère débouche en arrière ou en haut, dans la vessie, et le spermiducte en avant ou en bas, dans l'urètre.

La *vessie* se forme par une simple dilatation du pédicule de l'allantoïde. Aussi est-elle en communication avec cette dernière, par l'ouraque, jusqu'à une époque plus ou moins avancée, et quelquefois jusqu'après la naissance, d'où résulte alors une fistule urinaire.

Les oviductes ou spermiductes viennent déboucher de chaque côté du cloaque, chacun étant indépendant de celui du côté opposé. Cette indépendance persiste chez le mâle. Chez la femelle, au contraire, les deux trompes se réunissent et se confondent dans leur point de contact, par destruction de la partie intermédiaire, ou par élévation successive de l'éperon qui les sépare : il en résulte une cavité commune et unique dans l'espèce humaine et chez les singes, dont la *matrice* est simple, ou une cavité double, un *utérus bicorne*, ce qui a lieu normalement chez les femelles des autres mammifères, et accidentellement chez la femme.

Dans l'un et l'autre sexe, l'oviducte ou le spermiducte est d'abord ouvert, mais son orifice est peu évasé. Plus tard, chez la femelle, cet orifice s'évase davantage, forme le pavillon, et reste complétement distinct de l'ovaire ; chez le mâle, il se rapproche du testicule par le raccourcissement du ligament qui les tient adhérents l'un à l'autre, et finit par s'aboucher avec les canaux séminifères qui se sont développés de leur côté. Au bout d'un certain temps, le spermiducte, s'allongeant considérablement, décrit près du testicule des circonvolutions qui constituent l'*épididyme*. Le reste du spermiducte, ou *canal déférent*, est l'analogue de la matrice.



Fig. 37. *Corps de Wolff, reins, organes génitaux internes* (*).

Il existe encore, dans les deux sexes, d'autres parties dont nous n'avons point parlé, le *ligament rond* et le *crémaster*. A une certaine hauteur de l'oviducte ou du spermiducte, s'insère un ligament (fig. 37, *l r*), qui se porte, par son autre extrémité, à l'arcade pubienne, au niveau de l'anneau inguinal. Du côté opposé de ces canaux excréteurs, s'insère un autre ligament qui fait suite au premier, et qui se porte, de là, au testicule ou à l'ovaire. Lorsque le testicule descend, ce mouvement s'opère surtout par l'influence contractile de ce double ligament, qui, chez le mâle, n'adhère pas, dans sa partie moyenne, au canal déférent, et qui forme alors le crémaster. Chez la femelle, la partie inférieure de ce ligament devient, en se développant, le ligament rond; le point d'intersection de cette corde fibreuse avec

(*) Développement des organes génito-urinaires internes, chez un embryon humain plus âgé, d'après Coste.
c, capsules surrénales; *r*, reins; *o*, ovaires; *u*, uretères; *t*, trompes; *m*, matrice; *l r*, ligament rond; *v*, vessie.

l'oviducte indique, chez l'embryon, la séparation de la trompe et de la corne utérine, c'est-à-dire la limite où celle-là se termine et où celle-ci commence.

Les notions qu'on possède sur le développement du *thymus*, du *corps thyroïde*, des *glandes salivaires* et *lacrymales*, sont encore si peu précises, que nous préférons les passer sous silence.

Développement de la muqueuse intestino-ombilicale et de ses annexes, du tube digestif, du foie, du pancréas, de la rate, du mésentère.

G.-F. Wolff (1) reconnut, le premier, que l'intestin provient immédiatement des membranes de l'œuf, qui se continuent avec les parois du corps et du tube digestif de l'embryon. Pander (2) précisa mieux cette découverte, en distinguant des autres formations blastodermiques, le feuillet interne, le seul dont l'intestin tire son origine. De Baer (3) donna enfin, de la formation du canal alimentaire, chez le poulet, un exposé fidèle et complet qui n'a été modifié, dans ces derniers temps, que par Reichert (4).

Pendant que la ligne primitive paraît au centre de l'aire germinative et que les premiers rudiments de l'embryon commencent à se former, le feuillet muqueux est encore immédiatement appliqué au feuillet séreux, et le futur intestin n'est qu'un petit segment de la sphère blastodermique interne ou de la future vésicule ombilicale (pl. 2, fig. 2, 3, et dans le texte fig. 18, C).

Lorsque l'extrémité céphalique se dessine et que le capuchon céphalique se forme, le feuillet muqueux pénètre à la base de cette cavité par un léger prolongement en cul-de-sac qui se réfléchit aussitôt supérieurement, pour se continuer avec la vésicule ombilicale (pl. 2, fig. 3, 4). Ce cul-de-sac deviendra, d'après Reichert, l'estomac, et s'érodera à son extrémité antérieure pour s'aboucher avec l'œsophage formé dans l'épaisseur du capuchon céphalique : d'après les autres embryologistes, il s'enfoncerait de plus en plus dans ce dernier et formerait lui-même l'œsophage, le pharynx, la cavité buccale, et enfin la bouche par l'érosion de son extrémité close. Wolff a désigné ce premier diverticulum de la vésicule blastodermique interne sous le nom de *fovea cardiaca*, et de Baer sous celui de *aditus anterior ad intestinum.*

Une excavation analogue, mais moins prononcée, se produit à l'extrémité caudale pour former le rectum sur lequel naîtra bientôt l'allantoïde (pl. 2, fig. 4). Wolff lui a donné le nom de *fovea inferior*, et de Baer celui de *aditus posterior ad intestinum.*

A la partie moyenne de l'embryon, qui commence seulement à se creuser en nacelle, le feuillet muqueux passe encore à plat sur la paroi antérieure du rachis et des parties voisines, se continuant directement par ses bords avec la vésicule ombilicale.

(1) *De formatione intestinorum*, etc. *Observationes in ovis incubatis institutæ*, dans les *Nov. Commentar. Petropol.*, t. XII (1767), p. 403 ; t. XIII (1768), p. 478.
(2) *Beiträge zur Entwickelungsgeschichte des Hühnchens im Eie.* Würzburg, 1817.
(3) *Entwickelungsgeschichte*, etc., t. I et II. Voy. Burdach, *Physiologie*, t. III.
(4) *Entwickelungsleben*, p. 195.

Dans toute la portion de leur étendue par laquelle le feuillet muqueux et le feuillet vasculaire, qui s'est formé au-dessous de lui, tapissent la face antérieure de l'embryon (formé actuellement par le feuillet séreux), ils se soulèvent dans le sens de la longueur, se séparent de celui-ci et s'avancent l'un vers l'autre de manière à former une *gouttière longitudinale* attachée au rachis, le long duquel ils sont demeurés adhérents. Le feuillet muqueux se soulevait même dans le point correspondant à la colonne vertébrale, et n'y restait attaché que par la partie qui lui est sous-jacente du feuillet vasculaire dont les deux côtés, se réunissant sur un plan médian, entre le rachis et la gouttière du feuillet muqueux, formeraient par leur soudure le futur mésentère. Nous avons vu que, d'après Reichert, au contraire, ce soulèvement de la membrane muqueuse serait dû à une production particulière de la membrane intermédiaire, qui formerait par des lames intestinales les parois futures de l'intestin, et par sa lame pédiculaire le futur *mésentère* (voy. fig. 18, D, et fig. 19).

Les bords de la gouttière intestinale s'inclinent ensuite l'un vers l'autre, ses extrémités supérieure et inférieure se portent également, chacune de son côté, à la rencontre de l'autre, et, s'unissant en avant dans la plus grande étendue, produisent le *tube intestinal*. Celui-ci conserve encore quelque temps, dans le milieu, la forme d'une gouttière dont les bords se confondent avec la vésicule ombilicale (pl. 2, fig. 4, *p*). Mais la clôture de cette gouttière fait tous les jours de nouveaux progrès, de sorte que la partie moyenne du tube intestinal se complète tous les jours davantage, et finit par ne plus conserver avec la vésicule ombilicale qu'une très petite communication à laquelle de Baer a donné le nom d'*ombilic intestinal* (pl. 2, fig. 4, 5, 6, 7).

L'intestin se sépare ainsi de plus en plus de la vésicule ombilicale, dont il n'était dans le principe qu'un simple diverticulum. Bientôt même les communications qu'il conservait avec elle, par l'intermédiaire du conduit omphalo-mésentérique, s'effacent complétement, et ce conduit se réduit à l'état de pédicule. Les vaisseaux omphalo-mésentériques établissent seuls des relations entre la vésicule et l'intestin, ou plutôt l'appareil vasculaire de l'embryon, et ces relations elles-mêmes ne doivent pas être, surtout dans l'espèce humaine, de longue durée.

Le futur canal digestif représente donc d'abord un tube tout à fait droit, parallèle à l'axe de l'embryon, et fixé en arrière, au rachis, par le mésentère (pl. 2, fig. 4, 5). A mesure que sa partie moyenne se distingue de la vésicule ombilicale et devient tubulaire, il s'allonge, s'éloigne de la colonne vertébrale, sans pourtant s'en détacher, et forme une première anse dirigée vers l'ombilic, sortant même par cette ouverture des parois de l'abdomen (pl. 2, fig. 6, 7). Dès ce moment, on peut distinguer à l'intestin trois parties : la partie stomacale (orale des autres embryologistes), la partie anale ou rectale, et la partie moyenne de laquelle se formeront l'intestin grêle et le côlon.

L'*estomac* n'est d'abord qu'une simple dilatation du tube intestinal. On le reconnaît à une légère bosselure de ce dernier, en arrière et à gauche; cette bosselure deviendra la grande courbure : comme le reste de l'intestin, il a une direction verticale (fig. 28, *e*). A mesure qu'il se développe, il acquiert peu à peu une situation horizontale, la portion cardiaque se portant à droite, et la portion pylorique, à la suite de laquelle se développe le *duodenum*, se portant à gauche.

L'*intestin moyen*, dont l'anse primitive passe à travers l'ombilic cutané, est de toutes les parties du tube digestif celle qui se développe le plus. Sa partie supé-

rieure décrit, en s'allongeant, les circonvolutions de l'*intestin grêle* (*jejunum* et *iléon*). Sa partie inférieure forme le *gros intestin* (*côlon*). Lorsque la première commence à s'enrouler et à former des circonvolutions, elles exécutent l'une sur l'autre un mouvement de demi-torsion qui porte le gros intestin en haut et en avant, et l'intestin grêle en bas et en arrière ; en même temps, le gros intestin décrit un arc qui donne naissance aux diverses régions du côlon (ascendant, transverse, descendant). Le côlon ascendant se produit le dernier, de haut en bas. Du quatrième au cinquième mois, ces diverses parties du tube digestif ont acquis la position qu'elles doivent conserver désormais.

Le *cæcum* et son appendice vermiforme se produisent à la jonction de l'intestin grêle et du gros intestin. Mais ils ne sont pas, comme le croyait Oken (1), un débris du canal de la vésicule ombilicale, puisque celui-ci aboutit au point le plus élevé de l'anse primitive. Le point d'attache du pédicule omphalo-mésentérique est sur l'intestin grêle, à une distance plus ou moins éloignée du cœcum, distance qui augmente par le progrès du développement.

L'*intestin anal* ou *rectum* est, de toutes les portions de l'intestin, celle qui éprouve le moins de changements. Il s'allonge peu, reste toujours rectiligne, ou à peu près, et se termine d'abord, comme la portion supérieure, par un cul-de-sac. Ce dernier s'érode peu à peu de dedans en dehors, tandis que l'anus se forme par un mécanisme semblable de dehors en dedans.

Nous avons exposé tout à l'heure le mode d'origine du *mésentère*. Son développement est plus difficile à comprendre, du moins pour ce qui touche au mésocôlon, au mésogastre et aux épiploons. Pour ce qui est du mésentère proprement dit, il est évident qu'à mesure que l'intestin grêle s'accroît et commence à former des circonvolutions, son attache au rachis croît aussi et s'étend de plus en plus, de manière se prêter à son développement. La formation du mésocôlon, du mésogastre, du trou de Winslow et des épiploons, dont nous devons à J. Müller (2) une bonne description accompagnée des planches nécessaires à son intelligence, est la suite de changements remarquables, surtout dans la position relative à la direction des viscères.

Le *péritoine* se forme par le développement, à la surface de tous les organes abdominaux, d'une couche fibreuse revêtue elle-même d'un épiderme propre.

Le *foie* se développerait, d'après Rolando (3), d'un petit diverticulum ou exsertion creuse du tube digestif. De Baer (4), Rathke (5), J. Müller (6), Valentin (7) ont adopté cette opinion. Reichert (8) prétend au contraire que les rudiments du foie ne sont jamais creux dans le principe, qu'ils naissent aux dépens d'un blastème dont la déposition sur ce point de l'intestin forme un petit bourgeon, et que plus

(1) *Loc. cit.*
(2) *Meckel's Archiv.* 1830, p. 395.
(3) *Journal complémentaire* du *Dict. des sc. méd.*, t. XVI, p. 48.
(4) *Entwickelungsgeschichte*, etc.
(5) *Entwickelungsgeschichte der Natter.*
(6) *De glandul. secernent. structurâ penitiori.* Leipsick, 1830.
(7) *Entwickelungsgeschichte*, etc.
(8) *Entwickelungsben im Wirbelthierreich.*

tard seulement un appendice cœcal, partant de la membrane muqueuse du tube digestif, pénètre dans ce blastème, et y devient l'origine des canaux excréteurs.

Bischoff (1) a vu le foie se produire, chez les mammifères comme chez les oiseaux, sous la forme de deux bourgeons des parois intestinales, qui deviennent les rudiments de ses deux principaux lobes. Nous avons vu la même disposition primitive de cet organe sur un embryon humain appartenant à la collection de Coste (fig. 28, *f*); et nous avons représenté ici, d'après J. Müller, les apparences que présente le foie aux premières périodes de son développement.

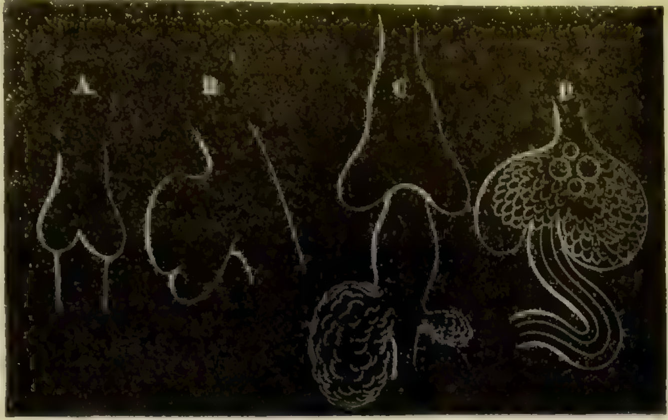


Fig. 38. *Développement du foie* (*).

Dès que l'organe, destiné à sécréter plus tard la bile, s'est montré sur la paroi de l'intestin, il grandit avec une rapidité extraordinaire; de sorte qu'on le trouve déjà d'un volume considérable chez des embryons fort jeunes. Il devient ainsi de bonne heure l'organe le plus volumineux du corps entier, et occupe dans la cavité abdominale bien plus de place que tous les autres viscères réunis. C'est sans doute à son union précoce avec le système sanguin qu'il est redevable de cet accroissement rapide. On verra bientôt qu'il reçoit en effet de nombreux rameaux des veines omphalo-mésentériques et ombilicales.

Le développement du foie est d'autant plus intéressant à étudier qu'il est destiné à nous donner la clef, non seulement du développement des autres organes sécréteurs, mais encore de la structure intime des glandes. Cette structure est, en effet, diversement envisagée par ceux qui font provenir toutes les glandes des culs-de-sac plus ou moins ramifiés de la paroi intestinale, et par ceux qui les font naître d'un blastème déposé à la surface de cette paroi. Henle (2), qui s'est beaucoup occupé de la structure des glandes, a proposé une théorie que l'observation, et surtout l'observation du développement embryonnaire ne semblent pas devoir justifier.

D'après Bischoff (3), on remarque d'abord, dans l'endroit du tube intestinal correspondant au point que doit occuper la glande future, une petite bosselure de la couche interne, à laquelle la couche externe ne prend encore aucune part. La membrane intestinale externe ne tarde pas à se développer aussi sur ce point, et à y former un petit tubercule saillant au dehors dans l'intérieur duquel pénètre la membrane intestinale interne. La portion de la membrane externe qui concourt à la formation de ce tubercule est ce qu'on appelle le blastème de la glande future, et celle de la membrane interne est la saillie de l'intestin qui représente le rudiment du canal excréteur. Des bords du blastème en contact avec ce rudiment cœcal du canal excréteur et aux dépens des cellules qui composent ce blastème, poussent des bourgeons latéraux, qui, après avoir acquis un certain volume, en produisent de nouveaux, de manière à former un petit tronc terminé par de légers

(1) *Ouv. cit.*, p. 330.
(*) Développement du foie, d'après J. Müller. Voy. R. Wagner. *Icones physiologicæ*, tab. XVIII.
(2) *Anat. gén.*, t. II. p. 472. Trad. de Jourdan.
(3) *Ouv. cit.*, p. 315.

renflements. Les bourgeons représentent les vésicules glandulaires; et le tronc, avec ses ramifications, représente le canal excréteur. La cavité du tronc, des ramifications et des vésicules glandulaires se produit par la dissolution des cellules internes et par la fusion des cellules périphériques formant une enveloppe homogène propre, qui s'entoure elle-même d'une couche plus ou moins épaisse de tissu fibreux.

Le *pancréas* se développe sur le côté gauche de l'intestin, dans le point qui deviendra le duodénum, un peu plus tôt que les glandes salivaires ne se forment autour de la cavité buccale. Bischoff (1) a vu son blastème et celui de la rate confondus ensemble dans les embryons de vache. Il ne croit pas néanmoins que ces deux organes aient une origine commune. La *rate* naîtrait plutôt de la grande courbure de l'estomac. Du reste, ces deux organes ne tardent pas à se séparer ou à s'isoler de leur blastème commun, et à se distinguer facilement l'un de l'autre, la rate acquérant bientôt la couleur rouge qui lui est propre et recevant de nombreux vaisseaux. Arnold (2) et Meckel (3) ont vu la rate se développer, chez l'homme, dans le courant du deuxième mois.

Développement du système vasculaire. — Formes diverses de la circulation. — Nutrition de l'embryon.

L'apparition du mouvement circulatoire chez l'embryon, et les diverses formes qu'affecte ce mouvement, tiennent à la formation successive de divers appareils de circulation dépendant les uns et les autres d'un seul système organique. Chaque forme de l'appareil vasculaire et de la circulation est appropriée au mode de vivre de l'embryon pendant chacune des périodes de son développement. C'est seulement après avoir passé par ces diverses phases que l'appareil circulatoire acquiert la disposition ultime et stable qui persistera pendant toute la vie du nouvel être.

Il est intéressant de rechercher, avant tout, la cause de ces variations dans les manifestations d'une même fonction. Or, il est facile de le reconnaître, les changements des modes et appareils circulatoires dépendent exclusivement des changements qui s'introduisent dans les modes et les organes de la nutrition et de la respiration fœtales.

Ainsi le développement du blastoderme et l'existence de la vésicule ombilicale déterminent la première forme de circulation; l'apparition de l'allantoïde, la formation du placenta et l'importance extrême que prend cet organe dans la vie du fœtus amènent bientôt la seconde; enfin, le développement des poumons, de l'intestin et des organes de relation entraînent l'établissement de la troisième.

Ces trois formes de la circulation sont caractérisées, non seulement par la création d'appareils vasculaires nouveaux et l'atrophie des appareils vasculaires précédents, mais encore par les modifications plus ou moins profondes que plusieurs des organes, appartenant au même appareil, éprouvent dans leur forme ou dans leur structure. Ces modifications portent principalement sur les organes centraux, le cœur surtout, qui doivent peu à peu s'accommoder aux changements des autres portions

(1) *Ouv. cit.*, p. 329.
(2) *Salz. med. Zeitung*, 1831, t. IV, p. 301.
(3) *Manuel d'anatomie*, t. III, p. 481.

du système vasculaire, se prêter aux diverses formes de la circulation et suffire à toutes ses phases.

Il est impossible de séparer ces phénomènes qui sont non seulement concomitants, mais souvent dépendants les uns des autres. A chacune des périodes qui viennent d'être indiquées correspondent les phases successives de développement du cœur, des artères et des veines. Ce sera faciliter à la fois l'intelligence de chaque mode de circulation et celle de chaque changement survenu dans la forme des vaisseaux et du cœur, que de présenter simultanément l'un et l'autre. Nous décrirons donc en même temps les changements organiques et les modifications fonctionnelles au fur et à mesure que nous exposerons la première circulation (*circulation blastodermique ou ombilicale*), la seconde circulation (*circulation allantoïdienne ou placentaire*), la troisième circulation (*circulation pulmonaire ou circulation de l'adulte*).

Première circulation.

La première trace du sang et des vaisseaux commence à paraître, quelques heures après l'apparition de la ligne primitive, lorsque les lames dorsales se sont réunies pour former une enveloppe à l'axe cérébro-spinal, que la partie antérieure du germe s'est soulevée et recourbée sur elle-même, enfin que les lames viscérales se sont rapprochées et unies dans ce point sur la ligne médiane, de manière à former ce qui constitue alors la seule cavité du corps, c'est-à-dire le capuchon céphalique de l'embryon.

Cette manifestation de l'impulsion vitale du germe fut un des premiers phénomènes que les anciens observèrent dans l'embryon. Aristote, frappé par le spectacle des premières contractions du cœur imprimant avec régularité au liquide sanguin ce mouvement qui ne doit cesser qu'avec la vie, avait donné à cet organe le nom de *punctum saliens*. Malpighi (1), Haller (2) commencèrent à fournir sur sa formation des renseignements positifs. Mais c'est seulement à Dœllinger et Pander (3), à E. de Baer (4) et aux embryologistes modernes que l'on doit les notions les plus précises sur le développement de l'organe central et des parties périphériques du système vasculaire, et sur l'établissement de la première forme de la circulation.

La formation du premier appareil circulatoire a lieu en même temps au centre et à la circonférence, dans l'embryon et dans le blastoderme, au cœur, aux vaisseaux capillaires, aux veines et aux artères. Elle n'est point le résultat d'un développement centrifuge partant du cœur et s'étendant aux vaisseaux, opinion émise par les anciens, renouvelée jusqu'à un certain point de nos jours par Reichert (5), qui attribue la formation des artères et des veines au passage des globules du sang poussés par le cœur, et se creusant des canaux dans la membrane intermédiaire. Elle n'est pas non plus le résultat d'un développement centripète commençant à la périphérie du blastoderme ou du moins de son champ vasculaire, et s'étendant de

(1) *De formatione pulli in ovo.* Londres, 1673. — *Appendix repetitas auctasque de ovo incubato observationes continens.* 1675.

(2) *Sur la formation du cœur dans le poulet, sur l'œil, sur la structure du jaune.* Lausanne, 1758.

(3) *Mémoire sur le développement du poulet dans l'œuf.* Dans le *Journ. des progrès*, t. V, et dans le *Journ. complément. du Dict. des sc. méd.*, t. XIV.

(4) *Entwickelungsgeschichte der Thiere*, 2e theile, Kœnigsberg, 1837 ; et dans Burdach, *Physiologie*, t. III. 1838.

(5) *Ouv. cit.*, p. 135.

là jusqu'au cœur, comme Serres (1) l'a soutenu récemment. Le sang se forme, les vaisseaux s'organisent en même temps sur tous les points de l'appareil circulatoire : à la périphérie de l'aire vasculaire, où se développe le sinus terminal ; au centre, où se produit le cœur ; dans l'intervalle, où se forment les vaisseaux capillaires, les troncs artériels et les troncs veineux. L'observation démontre qu'il en est ainsi et elle suffit pour renverser toutes les théories inverses. Cela posé, étudions la manière dont s'accomplissent les phénomènes originels de la première circulation.

Dans l'intérieur du bonnet ou capuchon céphalique, entre la partie convexe de ce bonnet formée par le feuillet séreux de Pander et la portion du feuillet muqueux qui le clôt inférieurement, en un mot au niveau de la *fovea cardiaca*, on voit paraître, dans l'épaisseur de la membrane intermédiaire de Reichert, un cylindre oblong, d'abord tout à fait droit, qui se distingue par une accumulation plus condensée des matériaux plastiques, c'est-à-dire des cellules qui constituent alors le fond commun de toutes les formations embryonnaires : ce cylindre oblong est le *cœur*. Il subit, en un court espace de temps, un si grand nombre de métamorphoses, pour passer de cet état simplement tubuleux à celui de cœur composé de quatre cavités, que l'on a été longtemps avant de savoir le mécanisme de toutes ces transformations. Prévost et Lebert (2) en ont donné dernièrement une description qui complète sur quelques points nos connaissances antérieures.

Le cœur consiste d'abord en un canal simple, terminé à chacune de ces extrémités par deux branches. Les branches antérieures ou supérieures se perdent, en divergeant, dans les parois latérales de la portion céphalique de l'embryon : ce sont les deux premiers *arcs aortiques*. Les branches postérieures ou inférieures se continuent peu à peu, de chaque côté, avec le plan de la membrane blastodermique qui vient précisément en cet endroit se joindre au corps de l'embryon , entre la corde dorsale et la paroi future de l'intestin : ce sont les *veines omphalo-mésentériques*.

Suivant Reichert (3), qui a donné une bonne figure de la première forme du cœur, cet organe n'est pas creux d'abord , et les troncs vasculaires qui en partent ou y aboutissent ne le sont pas davantage : ils se composent de cellules lâchement unies les unes aux autres, ne laissant entre elles ni vide ni cavité. Peu à peu la surface extérieure devient plus ferme, les cellules se rapprochent et forment des parois ; en même temps, à l'intérieur, se développe une cavité dans laquelle s'amassent un liquide et des vésicules libres, premier vestige du *sang*.

Bientôt le canal cardiaque prend à peu près la forme d'un S (4) et commence à se contracter et à se dilater avec un rhythme extrêmement lent. Par ces mouvements alternatifs, il chasse vers les crosses aortiques les cellules flottantes au milieu d'un liquide transparent, et il en fait affluer de nouvelles des veines omphalo-mésentériques.

En même temps, les premiers vaisseaux apparaissent hors de l'embryon : ils se développent entre les deux feuillets du blastoderme, ou bien, d'après Reichert, dans l'épaisseur de la membrane intermédiaire. Un liquide, d'abord incolore, semble s'interposer, par un effet d'endosmose, entre ces deux feuillets, les décoller ici et là, s'accumuler dans certains points et former, d'une manière primitivement très irré-

(1) *Anat. transcend.*, p. 212.
(2) *Sur la formation des organes de la circulation dans les batraciens. — Chez le poulet. Ann. des sc. nat.*, 1844, 3e série, Zoologie, t. I et II.
(3) *Op. cit.*, p. 139, t. III, fig. 8.
(4) Voy. pl. II, fig. 12, c, et ci-dessus, dans le texte, fig. [illegible].

gulière, des lacs, des lacunes, des traînées plus ou moins étendues. Ces petits lacs, ces lacunes, ces traînées se prolongent en golfes, en anses, en branches plus petites qui se rencontrent bientôt et permettent le mélange des petites masses liquides d'abord séparées. Une circulation s'établit des unes aux autres et, plus tard, entre toutes.

Des cellules s'organisent dans les intervalles où ne s'est pas accumulé le liquide incolore qui va prendre le nom de sang; d'autres se forment autour des canaux ou des petits lacs qui renferment ce liquide. Ainsi se constituent et les parois vasculaires, et cette sorte de membrane interposée au feuillet séreux et au feuillet muqueux, servant de soutien aux vaisseaux, qui a été considérée comme un troisième feuillet et a reçu le nom de feuillet vasculaire.

L'existence du *feuillet vasculaire* a été diversement envisagée par les embryologistes.

Pander (1), qui en parla le premier, le regardait comme une membrane délicate ne se formant que pour remplir les intervalles existant entre les premiers courants sanguins. C.-E. de Baer (2) fit remarquer, en le décrivant après Pander, qu'il ne constitue au fond que le tissu plastique compris entre les feuillets séreux et muqueux, et qu'il n'est pas de beaucoup aussi indépendant que ceux-ci. Après lui, plusieurs observateurs, notamment Valentin (3), admirent la présence d'un feuillet vasculaire préexistant aux vaisseaux, et servant de fond à leur formation. Prévost et Lebert (4) ont soutenu la même opinion, et ont donné au feuillet vasculaire le nom de *feuillet angioplastique*. Ce dernier serait, suivant eux, toujours antérieur au développement des vaisseaux; ceux-ci s'y développeraient par le décollement, en certains points, des deux couches secondaires qui le constituent; l'adhérence de ces deux couches membraneuses, dans les points intermédiaires, limiterait le calibre et l'étendue des vaisseaux.

Bischoff (5) dit bien qu'il a préparé le feuillet vasculaire et démontré distinctement son existence, mais sur des embryons dont les vaisseaux étaient déjà développés. Reichert (6), faisant provenir ceux-ci de sa membrane intermédiaire, comme tous les autres organes, à l'exception de l'axe nerveux et de la muqueuse intestinale, ne peut pas admettre l'existence d'un feuillet vasculaire distinct. Enfin, d'après Courty (7), il n'existe primitivement, entre les deux feuillets du blastoderme, qu'un plasma organisable, une matière plus ou moins fluide contenant des vésicules en voie de formation. C'est l'apparition des vaisseaux qui détermine l'organisation du feuillet vasculaire, et non l'existence de ce feuillet qui détermine la formation des vaisseaux. Les vaisseaux préexistent à la membrane dans laquelle ils se trouvent, et l'organisation de celle-ci est consécutive à leur apparition. Il ne faudrait donc pas considérer le feuillet vasculaire comme ayant une existence propre et antérieure à la formation des vaisseaux.

Le champ blastodermique, dans lequel se passe l'organisation des premiers vaisseaux, est limité par une ligne courbe, circulaire, circonscrivant une aire au centre de laquelle se trouve l'aire transparente et en dehors de laquelle s'étend, à une

(1) *Mém. cit. Journ. des progrès*, t. V, p. 30.
(2) Burdach. *Physiologie*, t. III, p. 206, 212.
(3) *Entwickelungsgeschichte*, etc., p. 288.
(4) *Ann. des sc. nat.* 1844, 3e série, Zoologie, t. I, p. 302.
(5) *Ouv. cit.*, p. 244.
(6) *Ouv. cit.*, p. 137.
(7) *Ann. des sc. nat.* 1848, 3e série. Zoologie, t. IX, p. 5.

distance ordinairement très peu considérable, le reste de l'aire embryonnaire ou blastodermique. Cet espace, d'un aspect bien caractérisé par les surfaces transparentes et obscures dont il est alternativement marqué, a reçu le nom d'*aire vasculaire* (*area vasculosa*).

Les parties obscures de l'aire vasculaire sont dues à l'accumulation, sur certains points, des globules ou cellules qui semblaient d'abord répandus uniformément dans toute la partie obscure de l'aire germinative. A mesure que les vaisseaux se forment et deviennent de plus en plus distincts, cette accumulation de globules se régularise. On voit ces derniers se presser, en quelque sorte, en tas plus ou moins élevés le long des lacunes vasculaires et de leurs divisions. L'accumulation est surtout considérable et uniforme sur une vaste lacune qui parcourt toute la limite de l'aire vasculaire, et forme à celle-ci une circonférence complète, interrompue seulement au-dessus de l'extrémité céphalique de l'embryon. Cette lacune porte le nom de *sinus terminal*, *veine terminale*.

En même temps que les premiers vaisseaux s'organisent dans l'aire vasculaire et dans l'aire transparente, ils semblent tendre, chez le poulet, vers quatre points principaux, dont deux sont situés aux extrémités de l'embryon, et les deux autres sur ses côtés. A ces derniers viennent aboutir deux artères (artères omphalo-mésentériques), branches des deux aortes, qui, réfléchies du sommet du cœur sur les parties latérales et antérieure de la corde dorsale, descendent tout le long de la paroi postérieure du ventre. Les deux premiers servent d'origine à deux veines, l'une supérieure, l'autre inférieure, venant du sinus terminal, recevant dans leur trajet les autres veines de l'aire vasculaire, et convergeant dans le sinus ou la base du cœur. Ainsi s'établit, chez le poulet, la première circulation, ou, du moins, le *mode primitif de la première circulation.*

Plus tard, en effet, pendant que les vaisseaux, devenus plus volumineux, commencent à proéminer à la surface interne du blastoderme, les deux veines blastodermiques supérieure et inférieure commencent à s'atrophier. Pour les remplacer, deux nouvelles veines blastodermiques, ou omphalo-mésentériques, se sont formées sur le trajet des artères de même nom. Le sang, poussé par le cœur dans les artères omphalo-mésentériques, et de là dans toute l'aire vasculaire jusqu'au sinus terminal, revient alors par les nouvelles veines omphalo-mésentériques, qui, arrivant de droite et de gauche, côte à côte avec les artères, le déversent dans le sinus de l'organe vasculaire central. Tel est le *mode secondaire de la première articulation.*

L'établissement de la première circulation est un peu différent chez les mammifères.

La différence réside surtout dans la topographie des veines omphalo-mésentériques. Celles-ci, en effet, consistent d'abord en *quatre branches* principales, deux supérieures plus grosses, deux inférieures moins volumineuses, partant du sinus terminal, recevant dans leur trajet les autres sources sanguines du blastoderme, et aboutissant à *deux troncs courts* (1) qui s'abouchent eux-mêmes à l'extrémité inférieure du canal cardiaque, c'est-à-dire dans le sinus du cœur (2). Plus tard, les deux troncs courts se développent au point qu'on ne compte plus que deux veines vitellines ou omphalo-mésentériques.

(1) Voy. pl. I, fig. 12, *om*, *om*.
(2) Voy. pl. I, fig. 12, *s*.

D'un autre côté, les deux branches supérieures du cœur se sont transformées plus distinctement en deux arcs vasculaires. Ces deux arcs aortiques se recourbent, à la base future du crâne, dans le fond de l'embryon, et arrivent jusqu'à la future colonne vertébrale, c'est-à-dire jusqu'aux lames dorsales actuelles. Dans ce point, les deux aortes restent peu de temps doubles; elles se réunissent bientôt en un tronc, lequel est d'ailleurs très court, et ne tarde pas à se diviser, ou du moins à laisser voir au-dessous de lui la terminaison des deux aortes non réunies. Ces deux branches, qui sont les aortes ventrales ou inférieures (auxquelles on a encore donné le nom de *vertébrales inférieures*), descendent, en parcourant toute la longueur de l'embryon, devant le futur rachis, jusqu'à son extrémité caudale. Pendant ce trajet, elles fournissent de chaque côté plusieurs rameaux (1) qui sortent de l'embryon, passent dans le plan de la vésicule blastodermique, et s'y divisent en s'anastomosant avec les ramifications du réseau veineux et notamment de la veine terminale.

Parmi ces branches latérales des deux artères vertébrales inférieures, il en est une, de chaque côté, qui se développe plus que les autres, et qui ne tarde même pas à devenir plus volumineuse que les troncs aortiques dont elle était d'abord un rameau : ce sont les *artères omphalo-mésentériques*, qui conduisent le sang de l'embryon dans le blastoderme.

Telles sont les connexions vasculaires entre l'embryon et le blastoderme ou vésicule ombilicale. Pendant qu'elles s'établissent, le cœur s'est courbé davantage en S, et presque en fer à cheval. En même temps, les cellules contenues dans les canaux vasculaires, que rien ne distinguait d'abord des autres cellules primitives du tissu de l'embryon, se rapprochent peu à peu, par leurs caractères, des globules du sang de l'adulte.

La *première circulation* est alors développée. Les contractions du cœur deviennent plus fréquentes; elles chassent le sang, à travers les deux aortes, dans le corps de l'embryon, et par suite dans les artères omphalo-mésentériques ou vitellines qui le portent dans l'aire vasculaire. De cette dernière, le sang passe dans les ramifications de la veine terminale, ainsi que dans les branches supérieures et inférieures des veines omphalo-mésentériques ou vitellines; il parcourt ces troncs veineux par l'effet de l'impulsion du cœur, et en même temps par l'attraction qu'exerce sur lui la diastole de cet organe, et arrive enfin dans le canal cardiaque pour recommencer le même parcours.

L'importance et la durée de cette forme de circulation sont tout à fait subordonnées à l'importance et à la durée de la vésicule ombilicale. Dans l'espèce humaine, la vésicule ombilicale se développe si peu, sa durée est si courte, que la première circulation n'y acquiert jamais beaucoup d'extension et cesse de bonne heure. Quoique cette vésicule constitue, à vrai dire, le premier appareil nutritif, c'est à peine si elle en remplit les fonctions. Elle s'atrophie de bonne heure; et d'ailleurs nous savons, d'après la constitution de l'œuf, qu'elle ne renferme pas à proprement parler d'éléments alimentaires comme chez le poulet.

Chez l'homme, la nutrition de l'embryon, à la première période de développement, se fait bien moins aux dépens du jaune, qui, en quelque sorte, n'existe pas, qu'aux dépens des liquides dont l'œuf est entouré dans la matrice. Ces liquides, ces sucs nutritifs, absorbés directement par les feuillets externe et interne du blastoderme, pénètrent, par endosmose, dans les cellules dont sont formées ces mem-

(1) Voy. pl. I, fig. 12. *b,b,b,b*.

branes, dans la vésicule ombilicale elle-même, s'y modifient probablement en passant par divers états globulaires et vésiculaires, et s'ajoutent définitivement au fonds commun duquel se créent les cellules du tissu propre de l'embryon. La vésicule ombilicale grandit même considérablement à l'aide de cette absorption, et ses vaisseaux y puisent les sucs qui y ont pénétré, pour les porter de là dans l'embryon. Quoiqu'ils s'atrophient de bonne heure, ces vaisseaux persistent encore, pendant que les autres parties de l'appareil vasculaire s'organisent, et que les autres formes de circulation se développent. Une des artères vitellines, une des veines de même nom finit par disparaître; mais il reste encore deux de ces vaisseaux, bien que le placenta soit développé, et l'on peut les retrouver sur la vésicule ombilicale. Il faut remarquer seulement que le développement du reste du système vasculaire a considérablement modifié les relations d'origine et de terminaison des vaisseaux vitellins. L'artère est devenue une branche de l'artère mésentérique, la veine une branche de la veine mésentérique, et par suite une dépendance de la veine porte, qui a commencé à se développer (1). Mais, répétons-le, le rôle de ces vaisseaux est, dans tous les cas, très minime, celui de la vésicule ombilicale étant lui-même fort restreint.

Il n'en est pas ainsi chez les oiseaux et les reptiles écailleux. Ici, la vésicule ombilicale et les vaisseaux omphalo-mésentériques constituent un appareil nutritif vaste, puissant, qui devra servir au jeune animal pendant toute la durée de la vie embryonnaire, et même après l'éclosion. Les veines s'érigent en système absorbant; le jaune se modifie pour passer dans leur cavité et fournir au développement de l'embryon. Le mode particulier par lequel s'exécutent, dans ce cas, l'absorption et l'assimilation, mérite d'être étudié: bien qu'il ne se produise pas chez l'homme, ou qu'il ne s'y produise que d'une manière tout à fait rudimentaire, il importe de l'observer, afin de mieux comprendre les modifications qu'éprouvent, en général, les parties alimentaires pour entrer en communication avec l'embryon qui se développe, et participer à la formation de ses organes.

Aussitôt que la vésicule ombilicale s'est constituée chez le poulet, en se séparant de la cavité intestinale naissante, les vaisseaux veineux répandus à sa surface, et provenant de l'extension de l'aire vasculaire, prennent un développement considérable. Ce développement donne lieu à la formation de nombreux appendices hérissés d'une multitude de veinules et de papilles veineuses absorbantes tout à fait comparables aux villosités qui tapissent la surface interne de l'intestin. Dès lors, l'organe de nutrition fœtal est constitué : à l'absorption vague, qui s'opérait par la surface interne du blastoderme, succède l'absorption qu'opèrent localement sur le jaune les appendices vitellins.

Haller (2) avait décrit l'aspect de ces appendices valvuleux et deviné leurs fonctions. Courty (3) a étudié leur mode de formation et leur mécanisme fonctionnel : il leur a donné le nom d'*appendices vitellins*. Ces appendices, groupés à la surface interne de la vésicule ombilicale, constituent un appareil veineux très développé qui plonge dans la liqueur du jaune. Les veines de cet appareil se forment par la naissance de bourgeons (fig. 39, 2, 3) sur les veines mêmes du blastoderme. Ces

(1) Voy. pl. III. *r*, artère vitelline ou omphalo-mésentérique; *q*, veine de même nom; *i*, vestige du sinus terminal ou veine terminale sur la vésicule ombilicale.

(2) *Sur la formation du cœur chez le poulet, sur l'œil, sur la structure du jaune*, etc. Lausanne, 1758, t. II, p. 157.

(3) *Mém. sur la structure et les fonctions des appendices vitellins de la vésicule ombilicale du poulet*. Dans les *Ann. des sc. nat.*, 1848, 3e série, Zoologie, t. IX, p. 5.

bourgeons naissent et se développent par la transformation de globules agminés en cellules transparentes, qui constituent leurs parois. De la jonction de ces bourgeons ou papilles veineuses les uns avec les autres, résultent des arcades anastomotiques, et de nouvelles veines donnant naissance à de nouveaux bourgeons, jusqu'à ce que les villosités et appendices vitellins aient acquis leurs plus grandes dimensions (fig. 39, 4, 1).



Fig. 39. *Appendices vitellins de la vésicule ombilicale du poulet* (*).

Par ces bourgeons et par ces veines, offrant une surface extrêmement étendue, se fait, du huitième au vingt-et-unième jour, une absorption très active. Cette absorption s'exerce sur le jaune, mais pas d'une manière directe. Voici les transformations que subit le vitellus, pour être assimilé : ses éléments donnent lieu à une multiplication de globules et de granules, semblables par leur structure, sinon par leurs dimensions, à ceux de la cicatricule, et à ceux que possède le blastoderme à toutes les périodes de son développement. Ces globules et ces granules se groupent en petites masses. De la coagulation membraneuse qui se fait autour d'eux, résultent des globules agminés dont une couche épaisse enveloppe les branches des appendices veineux (fig. 39, 4). Le contenu de ces globules, ou plutôt de ces vésicules, se dissout et passe, par endosmose, de leur cavité dans celle des cellules adjacentes, et de là dans les papilles veineuses, et dans les veines dont ces cellules forment les parois. Enfin, leurs enveloppes constituent autant de vésicules et de cellules nouvelles susceptibles de participer à l'accroissement des vaisseaux qu'elles entourent. Lorsque la matière du jaune est épuisée, la résorption porte sur les globules agminés (fig. 39, 4), sur les vésicules et sur les vaisseaux eux-mêmes, jusqu'à ce que la totalité de la vésicule ombilicale soit atrophiée (fig. 39, 1).

La matière vitelline ne sert jamais directement à la nutrition du fœtus : elle n'est pas absorbée en nature par les veines valvuleuses ; elle passe encore moins, d'une manière immédiate, dans la cavité du tube intestinal. Chez le poulet, comme chez l'homme, le conduit omphalo-mésentérique, ou vitello-intestinal, est oblitéré de très bonne heure. La vésicule ombilicale représente ici ; de tous points, un organe nutritif, et l'on peut presque dire un organe digestif fœtal, comparable, bien plus qu'il ne le paraît au premier abord, à l'organe digestif adulte. On peut d'autant moins supposer la pénétration directe du jaune dans la cavité intestinale, que celle-ci se-

(*) Structure et développement des appendices vitellins de la vésicule ombilicale du poulet, d'après Courty.

1, lambeau de vésicule ombilicale d'un poulet, presque mort d'inanition, trois jours après la naissance, montrant, sur une tranche, le développement des appendices vitellins.

2, 3, divers états de bourgeonnement des veines de la vésicule ombilicale.

4, appendice vitellin, à l'époque où la résorption commence à le dépouiller de ses globules agminés. Une partie de l'appendice a été artificiellement dépouillée de globules d'une manière complète, pour montrer ses arcades anastomotiques.

rait impropre à son absorption : l'intestin n'est pas encore un organe constitué, il est seulement en voie de formation, et ne devient apte à fonctionner qu'à l'époque de la naissance.

Mais, tandis que, chez le poulet, la vésicule ombilicale sert à la nutrition durant toute l'incubation, chez l'homme au contraire, où son rôle est purement accessoire, de nouveaux organes d'absorption apparaissent de très bonne heure : ce sont le chorion et le placenta. Avec eux, se développent de nouveaux appareils vasculaires et une nouvelle forme de circulation. Nous allons étudier maintenant les modifications qu'ont éprouvées les parties du système vasculaire que nous connaissons déjà ; décrire les parties qui viennent s'y ajouter, et présenter un tableau de la nouvelle manière dont s'accomplit la fonction qui nous occupe.

Seconde circulation. — L'apparition et le développement de l'allantoïde, la formation du placenta, en déplaçant l'activité fonctionnelle de l'appareil circulatoire et en la transportant des vaisseaux omphalo-mésentériques aux vaisseaux ombilicaux, déterminent le caractère de la seconde circulation.

Tandis qu'une artère et une veine omphalo-mésentériques s'atrophient et disparaissent, tandis que l'artère et la veine restantes s'atrophient et disparaissent à leur tour, on voit naître, des deux aortes inférieures, deux artères volumineuses, dont le point d'émergence deviendra, plus tard, l'origine des artères hypogastriques. Ces deux artères se ramifient sur l'allantoïde, se développent en même temps qu'elle, et dans les mêmes proportions : ce sont les *artères ombilicales*. Deux veines se forment en même temps pour rapporter le sang de ces vaisseaux dans le tronc de la veine omphalo-mésentérique, et de là au cœur : ce sont les *veines ombilicales*. Les communications entre ces dernières et la veine omphalo-mésentérique se font, à ce qu'il paraît, par l'intermédiaire de quelques veines des parois abdominales inférieures. Quoi qu'il en soit de ce mode de communication, et de l'antagonisme que nous verrons s'établir peu à peu entre les divers troncs veineux aboutissant au cœur, la veine ombilicale gauche ne tarde pas à s'oblitérer. Il ne reste bientôt plus que la veine ombilicale droite, qui, avec les deux artères du même nom, servira désormais à l'importante circulation du placenta, et fournira à l'embryon tous les éléments nutritifs nécessaires à son développement (1).

A la même époque, de nombreux et profonds changements s'opèrent dans les autres parties de l'appareil circulatoire.

Le *cœur*, primitivement tubuleux, qui commençait à se courber en S, subit une courbure bien plus prononcée. En même temps il éprouve une torsion sur son axe, de manière que la courbure inférieure se place en arrière et à droite, la courbure supérieure en avant et à gauche. Il se dilate aussi sur trois parties, entre lesquelles existent deux rétrécissements. Ces dilatations se transforment peu à peu, la première en *sac veineux* ou *oreillettes* (2); la seconde en *ventricules ;* la troisième en un renflement duquel l'aorte tire son origine, et qu'on désigne, en anatomie comparée et en embryologie, sous le nom de *bulbe de l'aorte*. Le rétrécissement entre la première et la seconde dilatation a été appelé *canal auriculaire ;* celui entre la seconde et la troisième, *détroit de Haller* (*fretum Halleri*).

(1) Voy. pl. III, fig. 2, *n n'*, artères ombilicales ; *s s'*, veines ombilicales ; *v*, tronc commun des veines ombilicales ; *j*, veine cave, à son entrée dans le foie.

(2) Voy. pl. III, fig. 2. *b b'*, oreillettes.

Le cœur éprouve ensuite, dans ces diverses parties, des changements qui doivent persister pendant toute la vie. Mais, comme la connaissance de quelques unes de ces métamorphoses est utile à l'intelligence du cours du sang chez le fœtus, nous les signalerons avant d'arriver à la troisième circulation.

Sur le premier renflement, situé à droite et en arrière, on voit d'abord paraître, des deux côtés opposés, deux saillies en forme de poche, que Rathke (1) et Valentin (2) ont appelées *auricules* ou *appendices auriculaires*. Ce renflement se dilate beaucoup, et se distingue ainsi des veines affluentes; mais il demeure encore longtemps une cavité simple, un sac veineux. C'est seulement lorsque déjà le ventricule est divisé en deux par une cloison, qu'on y voit croître, de haut en bas et d'avant en arrière, une membrane qui le divise en *deux oreillettes*. Cette cloison offre une échancrure semi-lunaire du côté de la cavité du sac veineux, ce qui tient à ce qu'elle s'allonge plus par le haut et par le bas que par le milieu : le tronc veineux s'abouche dans le sac vis-à-vis d'elle, au côté postérieur. Alors aussi on aperçoit un sillon à l'extérieur.

Deux autres phénomènes tendent à agrandir les oreillettes et à compléter leur séparation : ils consistent dans la séparation des veines caves et la formation de la valvule du trou ovale.

Les deux veines caves, supérieure et inférieure, dont nous décrirons prochainement l'origine, aboutissent, comme toutes les veines du corps, à un tronc commun s'ouvrant dans le sac veineux. A mesure que celui-ci se dilate, le tronc commun des veines caves supérieure et inférieure se trouve attiré de plus en plus dans les parois du sac. Il finit bientôt par disparaître en totalité, de sorte qu'il arrive un moment où chacune des veines s'ouvre à part dans le sac veineux, l'inférieure en bas et en arrière, la supérieure en haut et en avant.

En second lieu, de l'orifice de la veine cave inférieure s'élèvent deux valvules saillantes dans l'intérieur du sac veineux, et qui naissent, l'une au bord antéro-inférieur, l'autre au bord postéro-supérieur. La première est la *valvule d'Eustache :* elle dirige le courant de sang, apporté par la veine cave inférieure, vers la moitié gauche et la paroi postérieure du sac veineux. La seconde est la *valvule du trou ovale*, dont les travaux de Sabatier (3), de C.-F. Wolff (4), de Kilian (5) ont fait connaître la formation : c'est une cloison, venant du côté postérieur du sac veineux, de l'angle situé entre les embouchures des deux veines caves, à la rencontre de la cloison que nous avons vue se développer de haut en bas et d'avant en arrière. Le bord libre de ces deux cloisons étant concave, il en résulte, à leur point de rencontre, une ouverture ovale qui semble obturée, comme par une valvule, lorsque la cloison qui vient de la partie postérieure a atteint tout son développement. La séparation devient ainsi de plus en plus complète, non seulement entre les deux oreillettes, mais encore entre les orifices des deux veines caves. L'une et l'autre, il est vrai, s'ouvrent également dans la portion droite de l'oreillette, ou oreillette droite; mais l'inférieure s'ouvre en bas et en arrière, et le sang qu'elle déverse se dirige vers l'oreillette gauche, tandis que la supérieure s'ouvre en haut et en avant et dirige son contenu dans l'oreillette droite.

(1) *Entwickelungsgeschichte der Natter.*
(2) *Entwickelungsgeschichte*, p. 338.
(3) *Hist. de l'Acad. des sc.*, 1774, p. 198.
(4) *Nov. Comment. Acad. Petropol.*, vol. XX, p. 357.
(5) *Über den Kreislauf des Blutes im Kinde*, etc., p. 105. Carlsruhe, 1826.

La *séparation des ventricules* est bien plus précoce. De très bonne heure, la seconde dilatation du cœur se développe plus que les autres, ses parois s'épaississent, un assez fort sillon se manifeste à sa surface. A cette scission extérieure correspond le développement d'une cloison à l'intérieur. Cette cloison naît au sommet du ventricule et se dirige en haut vers sa base : c'est une saillie qui s'élève de la portion concave, et dont le bord semi-lunaire se dirige tant vers le bulbe aortique que vers le canal auriculaire. Lorsqu'elle a atteint la base du ventricule, l'orifice auriculo-ventriculaire se trouve divisé en deux, ainsi que le détroit de Haller. Il y a dès lors deux orifices auriculo-ventriculaires, un droit et un gauche : le droit fait communiquer l'oreillette droite avec le ventricule droit; le gauche, l'oreillette gauche avec le ventricule gauche : on ne sait pas encore comment se développent les valvules auriculo-ventriculaires. Il y a aussi deux orifices aortiques : l'un dans le ventricule droit, l'autre dans le ventricule gauche.

Pendant la séparation des ventricules, les portions de tissu qui séparent cette seconde dilatation du cœur, du sac veineux et du bulbe, se sont resserrées : le canal auriculaire et le détroit de Haller sont ainsi attirés; les divers segments du cœur se rapprochent et s'accolent plus intimement. La totalité de l'organe subit aussi un nouveau mouvement de torsion : les oreillettes se portent un peu en arrière et à gauche, et les ventricules en avant et à droite.

Quant au *bulbe aortique*, s'il persiste toute la vie chez les poissons et les reptiles, il disparaît de bonne heure chez l'embryon des oiseaux, des mammifères et de l'homme. Il s'allonge en crosse de l'aorte, se tord en spirale, et se divise dans son milieu en deux canaux, tordus sur eux-mêmes, communiquant l'un avec le ventricule droit, l'autre avec le ventricule gauche. On ne connaît pas la formation des valvules sigmoïdes.

Le cœur est d'autant plus gros, proportionnellement à l'embryon, que celui-ci est plus jeune. Aussi occupe-t-il, à une époque, presque la moitié de la cavité viscérale, s'étendant jusque immédiatement au devant de la vésicule cérébrale antérieure. A mesure que la tête et le cou se développent, et que l'intestin se forme, il se trouve occuper dans la poitrine la place qu'il est destiné à conserver. On ignore à peu près le développement du péricarde.

Nous avons vu, à l'origine du développement, partir du bulbe de l'aorte deux arcs vasculaires qui se portent en arrière, descendent le long de la paroi dorsale de l'embryon et forment les deux aortes (fig. 19, A, *a*). Un peu plus tard, ces deux troncs aortiques se réunissent dans une courte étendue, soit par atrophie, soit par fusion de leurs parois qui se sont d'abord accolées (fig. 19, B, *a*.). Cette réunion existe contre la paroi dorsale de l'embryon, un peu au-dessous du niveau du cœur. Au-dessous d'elle, les aortes restent doubles, et de Baer, les considérant alors comme des divisions du tronc commun, leur a donné le nom de *vertébrales inférieures ou postérieures*, par opposition aux vertébrales supérieures qui émergent en haut des arcs aortiques. Nous savons que de ces vertébrales inférieures naissent d'abord les artères vitellines, puis les artères ombilicales, sans préjudice des autres branches artérielles qui se forment à mesure que se développent les divers organes embryonnaires auxquels elles sont destinées.

Mais les deux *arcs aortiques*, qui naissaient supérieurement du bulbe de l'aorte et formaient les racines de l'aorte ventrale, ne restent pas longtemps simples. A mesure que le cœur se retire, et que les arcs branchiaux ou viscéraux se forment

des deux côtés du cou, on voit se développer successivement plusieurs arcs vasculaires situés l'un derrière l'autre ou l'un au-dessous de l'autre. Ces nouveaux arcs prennent tous leur origine au bulbe aortique, contournent de chaque côté la cavité pharyngienne et se déversent dans les deux arcs aortiques primitifs, auxquels ils se réunissent ainsi à droite et à gauche.

Le nombre de ces arcs a été controversé comme celui des arcs viscéraux auxquels ils correspondent. Suivant Reichert (1), il n'y en aurait jamais plus de trois. Rathke (2) en a vu quatre. De Baer (3) en a vu quatre aussi chez l'embryon du chien ; ce dernier observateur admet même qu'il s'en produit toujours cinq de chaque côté, tant chez les mammifères que chez les oiseaux. Si l'on n'en voit pas habituellement plus de trois, cela tient à ce qu'ils se développent d'une manière successive : les plus antérieurs, qui sont les plus anciens (fig. 40, 5, 4), s'effacent, tandis que les autres se forment derrière eux (fig. 40, 3, 2, 1). Quand la quatrième paire d'arcs paraît, la première persiste encore ; mais, à mesure que celle-là devient plus forte, celle-ci disparaît. Lorsqu'enfin la cinquième paire se montre en arrière, la deuxième paire antérieure s'efface. Ainsi il n'y en a jamais plus de quatre à la fois ; et, lorsque le développement de cette portion du système vasculaire est achevé, la plus ancienne des quatre paires s'effaçant, il n'en reste plus que trois (4). Ces trois derniers arcs aortiques persistent un certain temps ; puis les uns s'accroissent, les autres s'atrophient, et l'ensemble se métamorphose de manière à donner naissance aux vaisseaux permanents qui sortent, chez l'adulte, de la portion ventriculaire du cœur.

De Baer (5) a parfaitement décrit la manière dont les vaisseaux permanents proviennent, chez les mammifères, de cet appareil transitoire. Des trois arcs aortiques qui restent en dernier lieu (fig. 40, 3, 2, 1), les deux antérieurs, de droite et de gauche (3), se convertissent en carotides (c) et en sous-clavières (s). Le second de gauche (2) devient l'aorte permanente (a) ; le second de droite s'oblitère. Enfin, le troisième de chaque côté (1, 1) devient l'artère pulmonaire (p, p).

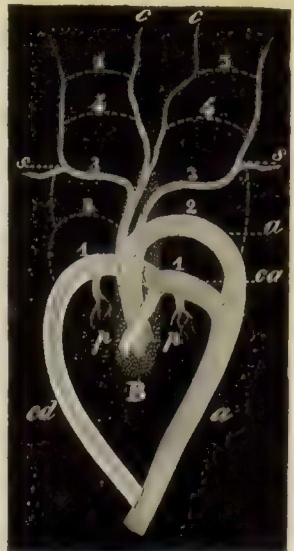


Fig. 40. *Transformation des arcs aortiques* (*).

Pendant ce temps, le bulbe de l'aorte s'est divisé en deux vaisseaux : l'un postérieur, venant du ventricule gauche et auquel appartiennent les deux carotides, les deux sous-clavières et la crosse de l'aorte ; l'autre antérieur, venant du ventricule droit, auquel appartient la troisième paire des arcs aortiques, c'est-à-dire les artères pulmonaires.

Cette troisième paire (1, 1) des arcs aortiques forme, à une certaine époque, les racines droite et gauche de l'aorte ; les troncs des artères pulmonaires s'en détachent sous la forme de faibles ramuscules.

(1) *Müller's Archiv.*, 1837, p. 131. — *Entwickelungsleben*, p. 184.
(2) *Entwickelungsgeschichte der Natter*, p. 51.
(3) *Entwickelungsgeschichte*, t. II, p. 214.
(4) Voy. pl. III, *e e' e''*, *i i' i''*.
(5) *Entwickelungsgeschichte*, t. II, p. 4, fig. 14.

(*) Transformation du système des arcs aortiques en troncs artériels permanents, chez les mammifères, d'après Baer. B, bulbe de l'aorte ; 1, 2, 3, 4, 5, de chaque côté, les cinq paires d'arcs aortiques ; 5, les plus anciens ; 1, les plus nouveaux ou derniers formés ; *c c*, les deux carotides, encore unies, se séparent plus tard ; *s s*, les deux sous-clavières, la droite partant du tronc innominé ; *a a*, l'aorte ; *p*, *p*, les artères pulmonaires ; *c a*, canal artériel gauche, ou canal artériel de Botal ; *c d*, canal artériel droit.

La crosse de l'aorte (deuxième arc aortique gauche) est proportionnellement fort grêle. Mais à mesure que les poumons grandissent et que les artères pulmonaires se développent, la racine droite de l'aorte (*cd*) s'atrophie et finit par disparaître; le deuxième arc aortique gauche se dilate, se transforme en véritable crosse de l'aorte et fournit à lui seul presque tout le sang reçu par l'aorte descendante; en même temps la racine gauche de ce vaisseau s'atrophie dans la partie située entre l'artère pulmonaire gauche et la crosse, et, de branche principale qu'elle était, elle devient une simple anastomose entre la crosse et l'artère pulmonaire. Cette anastomose persiste jusqu'à la naissance sous le nom de *canal artériel de Botal*, ou canal artériel gauche (*ca*). L'anastomose, formée par l'ancienne racine droite de l'aorte et faisant communiquer l'artère pulmonaire droite avec l'aorte descendante, s'atrophie encore plus tôt; elle est désignée, tant qu'elle existe, sous le nom de *canal artériel droit* (*cd*).

Ainsi se forment les artères carotides et sous-clavières, la crosse de l'aorte, l'aorte descendante, les artères pulmonaires et le canal artériel de Botal qui reste ouvert durant toute la vie fœtale. Toutes les autres anastomoses, entre les arcs aortiques de chaque côté, qui faisaient communiquer les troncs artériels supérieurs (pl. III, *ff'*) avec les troncs artériels inférieurs (pl. III, *pp'*), sont alors oblitérées. Il est inutile de dire, que chez les mammifères, et surtout chez l'homme, ces métamorphoses s'accomplissent de très bonne heure et avec une extrême rapidité.

Les troncs artériels supérieurs, troncs des artères vertébrales et maxillaires supérieures (1), existent déjà à l'époque où trois arcs aortiques partent du bulbe. Dans la partie inférieure du corps, les aortes ventrales continuent à se réunir de manière à former un seul tronc; de ce tronc part l'artère vitelline. Mais, quand l'intestin se forme, son artère (*artère mésentérique*), qui n'était d'abord qu'une petite branche de l'artère vitelline, acquiert plus de volume et devient le véritable tronc dont l'artère vitelline n'est plus qu'un faible rameau. De même, à mesure que le terme de la gestation approche, les artères ombilicales deviennent plus petites que les artères iliaques : celles-ci constituent les terminaisons de l'aorte, et celles-là ne sont plus, par rapport à elles, que des branches d'une importance relative très minime.

Des modifications non moins remarquables se passent dans le *système veineux*. D'abord des veines se sont développées dans le corps de l'embryon parallèlement à ses artères. Lorsque les artères vertébrales supérieures sont arrivées à l'extrémité céphalique et les vertébrales inférieures à l'extrémité caudale, elles se continuent directement, dans chacun de ces points, avec des veines qui leur sont parallèles et qui marchent en sens inverse vers le cœur : ce sont les *veines cardinales* (pl. III, *gg'*, *kk'*) de Rathke (2). Ces veines débouchent dans la portion auriculaire du cœur par l'intermédiaire des *canaux de Cuvier* (pl. III, *h*, *h'*). Avant d'indiquer comment ce premier appareil veineux sera modifié, voyons les changements que subissent les veines qui mettent l'embryon en communication avec la vésicule ombilicale et avec l'allantoïde (3).

La veine *omphalo-mésentérique* aboutit d'abord à l'oreillette, dans l'angle que

(1) Voy. pl. III, *ff'*.
(2) *Meckel's Archiv.*, 1830, p. 63, 134. — *Mémoire sur la structure et le développement du système veineux des animaux vertébrés*, 1838. — *Entwickelungsgeschichte der Natter*. 1839.
(3) Pour suivre cette description, voy. pl. III.

laissent entre eux les deux canaux de Cuvier. De très bonne heure elle est embrassée, à peu de distance derrière le cœur, par le foie ; elle entre en connexion avec cet organe et s'y ramifie avant d'arriver au cœur, ce qui constitue une première forme de la disposition de la veine porte ; les ramifications veineuses qui, recueillant ensuite le sang dans le foie, le déversent dans le sac veineux, sont l'origine des veines hépatiques.

La *veine ombilicale*, rapportant le sang de l'allantoïde ou du placenta dans l'oreillette du cœur, arrive d'abord avec la précédente directement dans cet organe. Plus tard, elle se comporte aussi avec le foie de la même manière que la veine vitelline avec laquelle elle s'anastomose : il y a même un moment où le foie reçoit plus de sang de la veine ombilicale que de la veine omphalo-mésentérique.

Mais, pendant ce temps, la *veine mésentérique* s'est développée : d'abord elle n'est qu'un rameau de la veine vitelline ; elle devient, à une autre époque, un tronc dont la veine vitelline n'est qu'un rameau ; et, comme les relations que celle-ci affectait avec le foie n'ont pas changé, la veine mésentérique, à son arrivée dans ce viscère, conserve avec lui les mêmes rapports. La disposition organique est restée la même, le nom seul est changé : quand la veine mésentérique n'était pas développée, nous disions que la veine omphalo-mésentérique se ramifiait dans le foie ; maintenant que la veine omphalo-mésentérique s'est atrophiée et va disparaître, cédant sa portion hépatique à la veine mésentérique dont le développement est devenu énorme, c'est à cette dernière que nous devons naturellement rapporter les divisions vasculaires que le foie recevait déjà. D'ailleurs cette portion vasculaire, qui a appartenu d'abord à la veine omphalo-mésentérique, qui a été ensuite commune à cette veine et à la veine mésentérique, et qui appartient enfin à la veine mésentérique toute seule, va prendre un nom nouveau, celui de *veine porte*.

Plus tard, quand la veine cave inférieure se sera développée, la veine ombilicale, qui se divisait d'abord dans le foie, s'anastomosera avec elle. Cette anastomose, appelée *canal veineux d'Aranzi*, se dilate de plus en plus, et par suite le sang de la veine ombilicale s'écoule plus dans la veine cave que dans le foie. Par contre, cet organe reçoit une plus grande quantité de sang de la veine mésentérique, et bientôt cette dernière est seule à se ramifier dans son intérieur et à constituer ce système veineux remarquable qui sera connu sous le nom définitif de veine porte. Après la naissance, les veines ombilicales et le canal veineux s'atrophient, s'oblitèrent ; leurs vestiges constituent le ligament rond du foie.

Enfin, la *veine cave inférieure* a dû prendre naissance, puisqu'elle devient elle-même le tronc commun par lequel arrivent au cœur les veines ombilicale et omphalo-mésentérique, ou plutôt hépatiques, qui y aboutissaient d'abord directement. Voici comment s'opère son développement : des quatre veines cardinales, les deux supérieures deviendront, d'après Rathke, les *veines jugulaires externes* (les *jugulaires internes* naissent plus tard des jugulaires externes, près des canaux de Cuvier) ; les deux inférieures constitueront, d'après Stark (1), Coste, Courty (2), la *veine azygos* à droite, et la *demi-azygos* à gauche. A ces veines seules est d'abord dévolu le soin de ramener le sang de toutes les extrémités inférieures de l'embryon. Mais un nouveau vaisseau ne tarde pas à se former entre les deux ; il prend

(1) *Commentatio anatomico-physiologica de venæ azygos naturâ, vi, atque munere.* Leipsick, 1835, p. 3.
(2) *Mémoire sur les substitutions organiques*, p. 21. Paris, 1847.

naissance aux veines iliaques, reçoit les veines rénales et spermatiques et aboutit au cœur par le tronc commun aux veines ombilicale et hépatiques : c'est la veine cave inférieure.

Quant à la *veine cave supérieure*, elle est d'abord en quelque sorte double, et représentée par les deux canaux de Cuvier. A une époque plus avancée, une anastomose transversale, unissant la jugulaire et la sous-clavière gauches à la jugulaire et à la sous-clavière droites, le canal gauche de Cuvier s'atrophie de plus en plus et finit par disparaître, tandis que le même canal du côté droit représente la veine cave supérieure.

Nous n'avons aucun document sur le développement des veines pulmonaires.

Les détails, dans lesquels nous venons d'entrer sur les changements qu'éprouve le système vasculaire de l'embryon, rendront facile l'intelligence du mécanisme de la seconde circulation.

La veine porte, tronc commun des veines mésentérique et vitelline, apporte au foie le sang de l'intestin et de la vésicule ombilicale. La veine ombilicale y apporte de son côté une partie du sang de l'allantoïde, et plus tard du placenta. Au-dessus du foie, le tronc de la veine cave inférieure reçoit des veines hépatiques le sang qui a traversé cet organe. Ce sang, se mêlant à celui que la veine ombilicale a versé dans la même veine cave par le canal veineux et à celui qui vient encore par ce vaisseau des extrémités inférieures, des reins et des parties génitales, afflue dans l'oreillette du cœur. Celui des parties supérieures et du reste du corps de l'embryon y arrive d'abord par les veines cardinales et les canaux de Cuvier, plus tard par la veine cave supérieure.

Le cours du sang à travers le cœur varie alors suivant le degré de développement de cet organe. Lorsque le cœur est simplement tubuleux, le liquide nourricier est chassé directement, par les contractions des parois cardiaques, dans les arcs aortiques ; mais, quand l'organe central de la circulation est subdivisé en plusieurs cavités, ce fluide suit une marche plus complexe.

Le sang de la veine cave inférieure passe, à cause de la direction de cette veine et de la présence de la valvule d'Eustache, presque tout en entier dans l'oreillette gauche ; celui de la veine cave supérieure coule, au contraire, en grande partie dans l'oreillette droite ; ce qui n'empêche pas néanmoins les deux sangs de se mêler toujours en petite quantité. Les deux oreillettes se contractent et chassent le sang dans les deux ventricules.

Ceux-ci étant séparés, quand le ventricule droit se contracte, le sang des parties supérieures du corps, qui s'y trouve contenu, ne passe qu'en très petite quantité dans les poumons rudimentaires ; le reste de ce liquide arrive dans l'aorte descendante, et, par elle, dans les organes du bas-ventre, dans les artères ombilicales et au placenta. Quand le ventricule gauche se contracte, le sang des parties inférieures, du foie et de la veine ombilicale, qui y a été amené par la veine cave inférieure, passe, presque en entier, dans les carotides et sous-clavières, c'est-à-dire dans la tête et les membres supérieurs. Ces contractions du cœur, chez l'embryon et le fœtus, sont d'ailleurs bien plus rapides que ne le sont les battements du cœur de l'adulte. Elles sont, en général, perceptibles à l'auscultation sur le ventre de la mère, au commencement de la seconde moitié de la grossesse. Nægele (1) a trouvé que leur nombre est, terme moyen, de 135 par minute.

(1) *Die geburtshülfliche Auscultation.* Mayence, 1838, p. 31.

Ainsi, quoique le sang puisse se mêler, dans les oreillettes, par le trou ovale, et dans l'aorte, par le second arc gauche (fig. 40, *a*) qui commence à se dilater pour former la crosse, il résulte néanmoins de ce qui précède que la tête et les parties supérieures du corps reçoivent surtout le sang des veines ombilicale et hépatiques par l'intermédiaire de la veine cave inférieure, de l'oreillette gauche, du ventricule gauche et de la portion gauche du bulbe qui se divise en carotides et sous-clavières. Au contraire, les parties inférieures de l'embryon reçoivent le sang veineux du corps, lequel est porté dans l'aorte descendante par l'oreillette droite, le ventricule droit, la portion droite du bulbe, le canal artériel droit (fig. 40, *c d*) qui ne tarde pas à s'oblitérer, et le canal artériel gauche (*c a*), qui persiste jusque après la naissance.

Cette différence dans la distribution du sang est d'autant plus grande que l'embryon est plus jeune. En effet, à mesure que la cloison inter-auriculaire fait des progrès, que la crosse de l'aorte se développe, que les artères et veines pulmonaires grandissent et que le canal artériel gauche diminue (le droit étant oblitéré depuis longtemps), il passe, dans l'aorte descendante et les parties inférieures de l'embryon, une plus grande quantité du sang des veines ombilicale et hépatiques.

Le placenta, avons-nous dit, est l'organe dont le développement détermine, chez l'homme, la seconde forme de la circulation embryonnaire. Par son intermédiaire, l'œuf absorbe, dans le sein maternel, les liquides nécessaires à la formation et à l'accroissement du fœtus. C'est donc le lieu de déterminer ici le mécanisme par lequel se fait cette absorption, d'examiner si le placenta ne joue pas d'autre rôle dans la vie fœtale, de rechercher enfin comment se fait la *nutrition de l'embryon humain*, dont tous les organes nous sont maintenant connus.

Nous avons vu que, dans les premières périodes du développement de l'œuf, immédiatement après son arrivée dans la matrice, la nutrition et l'accroissement du germe se font d'abord d'une manière très simple. Les liquides pénètrent directement, par absorption, à travers les membranes tendres et perméables de l'œuf, à travers les feuillets du blastoderme, et l'accroissement, bien que considérable en un petit nombre d'heures, se fait sans le secours d'aucun système vasculaire. Plus tard, quand l'appareil vasculaire de la vésicule ombilicale s'est développé, les veines de cet organe absorbent, non le vitellus, puisqu'il n'en existe pas, à proprement parler, chez les mammifères, mais les sucs qui ont pénétré de la cavité caducale dans cette vésicule, comme dans toutes les autres parties de l'œuf.

Dès que la vésicule ombilicale s'atrophie, et alors même qu'elle fonctionne avec toute son activité, un organe très énergique de nutrition, ou plutôt d'absorption, se développe autour de l'œuf : c'est l'appareil des villosités dont se hérisse toute la surface du chorion. Ces villosités sont d'abord sans vaisseaux. Elles constituent seulement un développement immense de la surface externe du blastoderme ; par ce mécanisme très simple, la nature accroît considérablement, dans un espace limité, l'étendue de l'aire absorbante. Les liquides, introduits de cette manière dans la cavité de l'œuf, sont assimilés directement ou après avoir passé par la vésicule ombilicale.

L'absorption devient à la fois plus énergique et bien plus directement utile au développement de l'embryon, lorsque des anses artérioso-veineuses, communiquant avec les gros troncs vasculaires, se sont formées dans toutes ces villosités. Alors, en effet, les sucs nutritifs pénètrent directement dans les ramifications des vaisseaux allan-

toïdiens ou ombilicaux, et de là dans la veine ombilicale, qui les verse dans le cœur, d'où ils sont portés dans toutes les parties du jeune embryon pour servir immédiatement à la formation des tissus. Nous verrons, en traitant du développement de ces derniers, comment s'opère cette formation, ainsi que celle du sang et de ses globules, qui se rattache au même sujet.

Enfin, les villosités vasculaires s'étant atrophiées sur toute la surface de l'œuf, à l'exception d'une certaine étendue dans laquelle elles ont pris un accroissement énorme pour former le placenta, ce dernier organe devient le seul moyen d'absorption de l'œuf. Nous avons dit comment il se forme, et quels rapports s'établissent entre ses vaisseaux et les sinus développés dans la caduque; il nous reste à étudier comment il accomplit ses fonctions.

Il n'est plus besoin aujourd'hui de chercher des preuves expérimentales pour démontrer que le placenta absorbe. Les expériences de Mayer (1) qui retrouva, dans le placenta, les vaisseaux ombilicaux et plusieurs organes de l'embryon, le cyanure potassique injecté dans la trachée-artère de lapines pleines, et celles de Magendie qui constata, dans le sang du fœtus, l'odeur du camphre injecté dans les veines de la mère, ne nous offrent plus, sous ce rapport, aucun intérêt. Mais il est important de savoir comment s'opère l'absorption par le placenta, quelles substances sont absorbées par cet organe, et ce qu'il faut penser des fonctions respiratoires que plusieurs embryologistes lui ont attribuées.

Eschricht (2), tout en pensant que le placenta proprement dit est un organe respiratoire, suppose qu'il renferme en outre des branches spéciales des vaisseaux ombilicaux qui servent à l'absorption. Mais, d'après lui, cette absorption, au lieu de s'exercer sur le sang, se ferait aux dépens d'un suc nutritif particulier, sécrété par les glandes utriculaires de la matrice. Or, nous l'avons vu, il n'est pas permis de supposer que, chez l'homme, ces glandes affectent avec les villosités placentaires les mêmes rapports que E.-H. Weber (3) a signalés chez plusieurs animaux; en outre, l'on voit ces villosités plonger directement dans de vastes lacs sanguins formés par la dilatation des vaisseaux de la caduque. Prévost et Morin (4) ont émis une opinion qui n'est pas sans analogie avec celle d'Eschricht, et à laquelle on peut faire la même réponse. Nous devons donc admettre que les villosités du placenta puisent, dans le sang maternel, la partie de ce liquide susceptible d'être absorbée et assimilée. Mais faut-il leur faire jouer aussi un autre rôle, et les regarder comme des organes respiratoires? L'observation et les déductions logiques que l'on doit tirer des faits sont en opposition avec cette hypothèse.

Sans doute, il est incontestable que les œufs des ovipares respirent. Chez l'oiseau, tandis que la vésicule ombilicale fournit à l'absorption des éléments nutritifs, l'allantoïde est le siége d'une véritable respiration: cette membrane se met surtout en rapport avec la chambre à air, et des vaisseaux qui la parcourent, les artères renferment un sang noir, et les veines un sang rouge; si l'on recouvre de cire ou de vernis une partie de la surface de l'œuf, surtout le gros bout, l'embryon ne tarde pas à périr.

Mais, chez les mammifères, les conditions d'existence de l'œuf et ses relations

(1) *Meckel's Archiv.*, t. III, p. 503.
(2) *De organis quæ respirationi et nutritioni fœtus mammalium inserviunt.* Copenhague, 1837, p. 33.
(3) *Arch. d'anat. gén. et de phys.*, 1846, p. 386.
(4) *Mém. de la Soc. phys. de Genève*, t. IX.

sont entièrement différentes. L'embryon se trouve suspendu dans un liquide, et l'atmosphère n'a point d'accès direct avec ses enveloppes. Ne pouvant admettre, chez lui, une respiration aérienne, on a été réduit à lui supposer une respiration aquatique ou branchiale. Restait à déterminer dans quel organe elle s'opérait. Les uns l'ont attribuée à l'action des poumons sur l'eau de l'amnios avalée ; mais, outre que la pénétration des eaux de l'amnios dans le fœtus est tout à fait fortuite, les poumons se trouvent à un état trop rudimentaire pour qu'on puisse les supposer le siége de cette fonction. D'autres ont rapporté cette dernière aux villosités du chorion, plongeant dans le prétendu liquide *hydropérione ;* mais nous avons déjà dit ce qu'il faut penser de cette opinion, et d'ailleurs l'action du chorion se concentrerait bientôt, en même temps que les villosités de cette enveloppe, dans le gâteau placentaire. On a encore supposé que la respiration s'accomplissait à la surface des membranes fœtales, par la peau de l'embryon ; hypothèses qui ne méritent pas un plus long examen, ces organes n'ayant aucun caractère des organes respiratoires, et les liquides sur lesquels ils sont censés agir n'ayant aucune propriété des liquides respirables. Quant aux prétendus arcs branchiaux et vaisseaux branchiaux, ils n'ont rien de commun avec la fonction dont il s'agit : les arcs branchiaux ou mieux viscéraux se transforment en régions de la tête et du cou, les arcs aortiques n'ont ni veines satellites, ni ramifications nécessaires à l'établissement d'un conflit quelconque entre le sang et le liquide amniotique.

Le placenta seul peut paraître réunir les conditions d'un organe respiratoire. J. Müller (1) avait admis, après plusieurs autres anatomistes, une différence de coloration entre le sang de la veine ombilicale et celui des artères du même nom ; mais de nouvelles expériences ont changé son opinion sur ce sujet. Il en est de même de la composition chimique de ces deux liquides. Un argument plus sérieux pourrait se tirer de la promptitude de la mort du fœtus avec symptômes d'apoplexie, entraînée par la suspension de la circulation placentaire. Mais il convient de faire observer que tant que le fœtus n'est pas né et que la respiration pulmonaire, qui provoque dans les poumons une sorte de *diverticulum* de la circulation générale, n'est pas établie, la suspension de la circulation placentaire doit amener une pléthore bien suffisante pour interrompre les fonctions du cœur et celles du cerveau. D'ailleurs, on sait que, chez le nouveau-né séparé de sa mère, la respiration, après avoir commencé de s'exercer, peut être suspendue assez longtemps sans entraîner la mort. Si l'on ajoute à cela que a faculté de développer de la chaleur, très faible chez les petits des oiseaux, paraît être nulle chez les fœtus des mammifères et de l'homme, qui se refroidissent très vite hors du sein maternel, bien qu'on ne coupe pas le cordon ; et si l'on se souvient que cette faculté est sous la dépendance immédiate de la respiration, on devra conclure que cette fonction n'existe pas dans l'embryon, et que, par conséquent, on ne peut l'attribuer ni au placenta, ni à aucune autre portion de l'œuf.

Les physiologistes, qui ont tant agité cette question, auraient dû, avant de chercher dans le fœtus des organes respiratoires, constater l'existence d'une respiration et la nécessité de cette fonction. On ne peut douter qu'ils ne se soient laissé guider par de fausses analogies entre les organes des embryons d'oiseaux et les organes des embryons de mammifères. S'ils avaient réfléchi aux conditions d'existence de ces derniers, ils auraient reconnu que, chez eux, l'absorption de liquides puisés

(1) *De respiratione fœtus.* — *Manuel de physiologie*, t. I.

dans un sang qui a déjà respiré rend une nouvelle respiration inutile. Le fœtus des mammifères, au point de vue de la nutrition, n'a pour ainsi dire pas de vie individuelle. L'assimilation, la formation histologique et organique lui sont particulières; mais la nutrition, la préparation des aliments, des liquides et des sucs nutritifs lui sont communes avec tous les tissus, tous les organes de la mère. Le fœtus, pour me servir de l'expression de Bischoff (1), se comporte à cet égard, à peu près comme organe de la mère; les organes de la mère ne respirent point eux-mêmes, et cependant ils ont besoin d'un sang qui ait respiré; de même l'embryon, sorte d'organe maternel, ne respire pas lui-même, mais il a besoin du sang artériel de sa mère, du sang qui a respiré.

Ce n'est pas à dire pour cela que les phénomènes nutritifs du fœtus se réduisent absolument à une assimilation des liquides absorbés dans le sang maternel, et entraînés dans toutes les parties de son corps à l'aide de l'appareil vasculaire. Toute nutrition amène avec elle un mouvement de décomposition, et plusieurs organes du fœtus semblent se rattacher à des fonctions spéciales de *sécrétion* ou de *dépuration*. De ce nombre sont surtout le foie et les corps de Wolff.

Reichert (2) a avancé que le foie du fœtus est l'organe de la formation des globules sanguins; mais rien ne justifie cette opinion. D'un autre côté, l'apparition précoce du foie, son volume considérable chez l'embryon, autorisent à attribuer à cet organe une fonction d'une certaine importance dans la vie fœtale. On ne peut douter qu'il n'opère une sécrétion, et l'on sait, par les analyses chimiques de Gmelin (3), John (4), S. Simon (5), Lassaigne (6), que le produit de cette sécrétion est presque entièrement assimilable à la *bile*. Le liquide sécrété commence à s'accumuler dans l'intestin à partir du troisième mois, et finit par remplir tout le tube digestif jusqu'au rectum : il est connu sous le nom de *méconium*. Tiedemann (7) n'en a point trouvé chez les monstres qui manquent de foie ou dont l'intestin est clos au-dessous de l'insertion du canal cholédoque; mais il en a rencontré, comme à l'ordinaire, chez ceux dont la bouche seulement ou le pylore étaient oblitérés; ce qui prouve, pour le dire tout d'abord, que cette sécrétion, chez le fœtus, ne se lie à aucun acte digestif, ni à aucune action qu'on pourrait lui supposer sur les liquides avalés par la bouche. On a donc considéré ici, avec toute apparence de raison, la bile comme un excrément et le foie comme un émonctoire chargé de débarrasser l'économie des matières carbonées et hydrogénées. Les fonctions du foie, chez le fœtus, seraient donc supplétives de celles des poumons de l'adulte et complétives de celles des corps de Wolff de l'embryon, et des reins qui leur ont succédé, mais dont l'action est insuffisante.

Ces derniers organes remplissent, à n'en pas douter, un rôle analogue à celui du foie. Ils sécrètent un liquide comparable à l'*urine*, d'après les analyses de Jacobson (8), Lassaigne (9), et que l'on retrouve dans la cavité de l'allantoïde chez

(1) *Développ. de l'homme et des animaux*, p. 525.
(2) *Entwickelungsleben im Wirbelthierreich*, p. 224.
(3) *Handbuch der Chemie*, t. II, p. 1442.
(4) *Chemische Tabellen des Thierreichs*, p. 21.
(5) *Archiv. für Pharmacie*, 1840, avril, p. 39.
(6) *Ann. de chimie*, t. XVII, p. 304.
(7) *Anatomie der kopflosen Missgeburten*, p. 53, 60.
(8) *Meckel's Archiv*, t. VIII, p. 332. — *Die Oken'schen Körper oder die Primordialnieren*. 1830.
(9) *Ann. de chimie*, t. XVII, p. 395.

l'oiseau, en très grande quantité durant les premiers temps. Mais l'allantoïde n'est pas faite pour recevoir ce liquide ; elle n'en contient pas chez tous les animaux, et surtout elle n'en contient plus à une période encore peu avancée du développement. Quand l'ouraque est fermé, l'urine doit donc passer par l'urètre et se déverser dans l'amnios où elle se mêle avec le liquide propre de cette membrane. Ce qui le prouve, c'est que, dans des cas d'oblitération de l'urètre chez le fœtus, la vessie, les uretères et l'ouraque ont été trouvés distendus.

Ce sont là probablement les seules sécrétions importantes qui s'opèrent pendant la vie intra-utérine. Nous ne parlons pas des fonctions du thymus et des capsules surrénales qui nous sont inconnues, ni de l'enduit caséeux qui recouvre la peau, et qui, formé d'un assemblage d'épiderme et de matière fournie par les glandes sébacées, paraît servir seulement à faciliter le passage de l'enfant à travers les organes génitaux de la mère.

Quant à la digestion, elle n'existe pas chez le fœtus : le tube intestinal est en voie de formation, et ne réunit pas encore, pendant la vie embryonnaire, les conditions nécessaires à l'accomplissement de cette fonction. L'introduction des eaux de l'amnios, par la bouche, dans la trachée et dans l'estomac où la présence de poils provenant du *lanugo* (*duvet fœtal*) a prouvé leur passage, est un fait purement accidentel.

Les phénomènes de nutrition qui s'opèrent, chez le fœtus, dépendent donc presque exclusivement de l'absorption et du transport des sucs absorbés, dans tout le corps, à l'aide de l'appareil vasculaire. Ils s'accomplissent surtout sous l'influence de la seconde circulation.

Troisième circulation. — Lorsque le fœtus est sorti de la matrice, qu'il ne communique plus avec le placenta par le cordon ombilical, et qu'il a commencé à respirer, le passage du sang à travers les poumons entraîne un autre mode circulatoire, et quelques modifications par lesquelles l'appareil vasculaire se prête à cette troisième forme de circulation.

La veine ombilicale, n'apportant plus de sang, se convertit en *ligament rond du foie ;* et dès lors la veine cave inférieure n'amène dans l'oreillette droite que le sang veineux du corps et du foie. Par suite du changement de direction de cette veine et du développement de la cloison inter-auriculaire, le sang qu'elle apporte ne pénètre plus dans l'oreillette gauche, mais se mêle dans l'oreillette droite avec celui de la veine cave supérieure.

De l'oreillette droite le sang veineux passe dans le ventricule du même côté, et de celui-ci dans l'ancienne subdivision droite du bulbe aortique (artère pulmonaire) qui le conduit, par les artères pulmonaires, dans les poumons. Une petite portion continue encore de couler, par le *canal artériel de Botal*, de l'artère pulmonaire dans l'aorte ; mais cette anastomose ne tarde pas à s'oblitérer, ce qui fait que tout le sang chassé par le ventricule droit peut arriver aux poumons.

De ces organes, où il a subi l'influence de l'air atmosphérique, le sang revient par les veines pulmonaires dans l'oreillette gauche, d'où il passe dans le ventricule gauche, qui le chasse lui-même, par l'aorte (subdivision gauche du bulbe aortique primitif), dans toutes les paries du corps. Alors, la circulation est devenue telle que nous l'avons décrite ailleurs chez l'adulte.

C. Développement des tissus.

S'il est intéressant de connaître le développement des divers organes, et de déterminer, comme nous venons de le faire, le lieu et le moment de leur formation, il n'est pas moins curieux de rechercher comment s'opère ce développement, et par quelles mutations successives la matière organisable passe de l'état amorphe à celui de membrane, de vaisseau, de muscle, de nerf, etc.

En étudiant la structure intime des organes, on s'est depuis longtemps efforcé de trouver un lien commun à tous leurs éléments constitutifs; un tissu simple, générateur des tissus complexes; un élément, en quelque sorte typique, dont la multiplication et les arrangements divers pussent engendrer les diverses formes organiques. On a poursuivi, en un mot, la réalisation matérielle de cette idée: unité dans la multiplicité, simplicité dans la variété.

Chaque observateur a tour à tour proposé sa théorie, et regardé comme *élément* de toute structure organique celui que son imagination et l'habitude de ses travaux familiers avaient pu lui suggérer. C'est ainsi que le tube, la fibre, le globule, l'utricule, la cellule ont passé successivement pour les parties élémentaires de tous les tissus.

Le tube, ou fibre creuse, fut regardé par Ruysch (1) comme l'élément essentiel des organes. D'après Ruysch, tous nos tissus sont composés de vaisseaux sanguins: on sait qu'une pareille illusion provenait de l'habileté avec laquelle cet anatomiste injectait les artères et les veines. Monro (2), Fontana (3), Mascagni (4) commirent une méprise analogue, en décrivant partout des tubes creux, des cylindres serpentants, des vaisseaux lymphatiques.

Haller (5), en s'efforçant de détruire l'hypothèse de Ruysch et de démontrer entre les vaisseaux l'existence d'îlots de matière solide, créait à son tour une nouvelle hypothèse et proclamait que l'élément essentiel du corps est la fibre. Pour lui, tout provient de la fibre élémentaire, tout provient de l'union, de l'arrangement d'un nombre plus ou moins considérable de fibres élémentaires. « *Fibra*, dit-il, *communis toti humano corpori materies est*, *etiam cerebro et medullæ spinali.* »

Meckel (6), voulant s'affranchir de l'exagération de l'un et de l'autre système, et pénétrer en même temps plus avant dans la décomposition histologique, admet que, dans le corps, la matière organique revêt deux formes primitives: 1° la forme homogène de matière coagulée ou coagulable; 2° la forme de globules, se plaçant à la file les uns des autres dans la matière coagulable, et composant, par la diversité de leur arrangement, soit diverses sortes de fibres, telles que la fibre musculaire, la fibre nerveuse, soit les éléments des autres systèmes organiques. Milne Edwards (7), poursuivant la même idée, crut découvrir, non seulement l'existence

(1) *De fabrica glandularum*. Amsterdam, 1733. — *Opera omnia*. Amsterdam, 1737.

(2) *Observations on the structure and the fonctions of the nervous system*. Edinburgh, 1783.

(3) *Traité du venin de la vipère*. Florence, 1781.

(4) *Vasorum lymphaticorum corporis humani historia et iconographia*. Sienne, 1787. — *Prodromo della grande anatomie*. Florence, 1819.

(5) *Elementa physiologiæ*, t. 1, p. 2.

(6) *Handbuch des menschlichen Anatomie*. Halle et Berlin, 1816-1820. — Voy. la trad. franç. de Breschet et Jourdan. Paris, 1825.

(7) *Mémoire sur la structure élémentaire des principaux tissus organiques des animaux*. Paris, 1823. — *Ann. des sc. nat.* 1826.

universelle de ces globules comme éléments organiques, mais encore l'uniformité de leur volume qui, d'après lui, est de 1/300 de millimètre dans tous les tissus et chez tous les animaux. Plusieurs anatomistes s'étaient même expliqués sur la nature de ces globules : Dœllinger (1) admettait que tous les tissus du corps sont formés par les globules du sang, et C. Mayer (2) allait jusqu'à attribuer à ces globules de la sensibilité, de la spontanéité dans les mouvements, et, en quelque sorte, une vie propre. Il y a peu de temps encore, F. Arnold (3) les représentait comme les principes constituants de tous nos organes.

Cependant, quelques savants, les uns moins absolus, les autres aussi exclusifs que ceux qui précèdent, abordaient d'une manière plus juste la question de la structure des tissus.

Treviranus (4), cherchant à résoudre les tissus en éléments simples, reconnaissables au microscope et possédant, chacun dans sa simplicité, les propriétés du tout qui résulte de leur réunion, admit trois sortes d'éléments : 1° une matière homogène ou amorphe ; 2° des fibres ou cylindres ; 3° des globules.

Heusinger (5), tout en admettant l'élément globulaire comme fondement de la structure organique, lui fit jouer un autre rôle que ses devanciers. Il supposa que le globule peut rester plein ou se creuser en vésicule, c'est-à-dire se transformer en partie contenante plus ou moins solide, et partie contenue plus ou moins liquide. Quand les globules se disposent en série, ils forment des fibres ; quand les vésicules se placent à la suite les unes des autres, elles produisent des tubes vasculaires.

La texture fibreuse du tissu cellulaire, tissu qu'on avait considéré jusqu'alors comme une matière indéterminée, amorphe, muqueuse, coagulable, susceptible de subir toute sorte de transformations et de donner naissance à toute espèce de tissus, fut enfin déterminée par Krause (6), Lauth (7), Jordan (8).

D'un autre côté, la cellule organique, étudiée par Raspail (9), et surtout par Dutrochet (10) avec un soin tout particulier, devint la base d'un système, sur la structure et les fonctions des êtres vivants, auquel manquaient seulement des observations plus complètes et plus variées.

Pour Dutrochet, le globule est une vésicule ou un utricule, c'est-à-dire qu'au lieu d'être solide dans toute son épaisseur, il se compose d'un contenant membraneux et d'un contenu plus ou moins fluide. Tous les éléments organiques sont formés d'utricules ; et, dans tous ces éléments, dans le corps entier, il n'y a, à proprement parler, de solide que les membranes utriculaires.

Turpin (11) avait déterminé, avec plus de précision encore, l'individualité et les propriétés générales de ces utricules, et de Mirbel (12) avait recherché comment ils procèdent du cambium, chez les plantes. De leurs travaux et de ceux des botanistes

(1) *Was ist Absonderung und wie geschieht sie ?* Würtzburg, 1810.
(2) *Supplemente zur Lehre von Kreislaufe.* Bonn, 1836.— *Die Metamorphosen der Monaden.* Bonn, 1840.
(3) *Lehrbuch der Physiol. des Menschen*, t. I. Zürich, 1830.
(4) *Vermischte Schriften.* Gœttingen, 1816.
(5) *System der Histologie.* Eisenach, 1834, t. I, p. 112.
(6) *Handbuch der menschlichen Anatomie.* Hanovre, 1833-1841.
(7) *Mémoires sur divers points d'anatomie.* Dans les *Annales de la Société d'histoire naturelle de Strasbourg.* 1834.
(8) *De tunicæ dartos textu.* Berlin, 1834.
(9) *Nouveau système de chimie organique.* Paris, 1838.
(10) *Mémoires pour servir à l'histoire anatomique des végétaux et des animaux.* Paris, 1837.
(11) *Mém. du Mus. d'hist. nat.*, 9e année, 1828 t. XVI, p. 157.
(12) *Ann. du Mus. d'hist. nat.*, t. I, p. 55.

qui marchèrent sur leurs traces, résulta bientôt l'évidence d'un fait très général chez les végétaux : l'existence de cellules, comme fonds et origine de toute trame organique, fut mise hors de doute. On reconnut des cellules, non seulement dans plusieurs organes des végétaux, dans leurs tissus les plus tendres, dans les radicules, dans les feuilles, mais encore dans toutes les parties de l'embryon. On suivit pas à pas leurs changements de forme, leur élongation, leur tassement, leur perforation, et toutes les évolutions par lesquelles elles doivent passer pour donner naissance aux trachées, aux organes vasculaires de divers ordres, aux fibres ligneuses, etc.

Deux problèmes restaient à résoudre : *Les tissus animaux sont-ils formés aussi de cellules*, ou du moins proviennent-ils du développement et de la transformation de cellules préexistant à l'état définitif sous lequel ces tissus se présentent à nous? S'il en est ainsi, *quel est le mode de formation des cellules?* Ce mode de développement est-il multiple, ou bien est-il au contraire unique et commun à tous les éléments organiques, tant animaux que végétaux?

Les travaux récents des anatomistes et des micrographes, surtout les belles recherches d'ovologie et d'embryologie auxquelles Purkinje, De Baer, Coste, donnèrent l'impulsion, ont résolu ces questions avec tant de justesse et de généralité, qu'ils ont marqué le point de départ d'une ère nouvelle dans l'histoire de la structure des tissus et des formations embryologiques.

Voyons d'abord comment se forment les cellules. R. Brown avait découvert, dans les cellules végétales, un corps granuleux dont l'aspect et la constance le frappèrent; mais, tout en lui donnant le nom de noyau, il ne songea à établir entre lui et la cellule aucune relation d'origine ou de causalité. Plus tard, Schleiden (1), observant que ce noyau existe surtout dans les jeunes cellules et semble présider à leur production chez l'embryon, en fit la clef de tout un système sur le développement des végétaux. D'après lui, le *noyau* est le générateur de la cellule, d'où le nom de *cystoblaste*, par lequel il le désigna. Sur le cystoblaste s'élève d'abord une petite ampoule ou vésicule transparente, représentant un segment aplati de sphère qui s'applique sur le noyau comme un verre de montre enchâssé sur la boîte même de la montre qu'il recouvre. Cette vésicule grandit peu à peu ; par le fait même de son accroissement et par suite de la distension du contenu qui s'accumule dans sa cavité, elle fait saillie au delà du bord circulaire du noyau, dépasse dans tous les sens le contour de ce dernier, et finit par acquérir, relativement à lui, des dimensions si considérables, que le noyau ne paraît plus alors qu'un simple corpuscule adhérent à sa paroi.

Quant au cystoblaste, il se formerait aussi par un mécanisme analogue, c'est-à-dire par la coagulation de granules élémentaires autour de granulations antérieurement constituées, isolées du plasma environnant, bien délimitées et jouant auprès du noyau de la cellule le rôle de petits noyaux, d'où le nom de *nucléoles*, par lequel Schleiden a cru devoir les désigner.

Cette hypothèse (car on ne saurait lui donner d'autre nom) vint rattacher par un lien commun tous les faits déjà connus de l'existence des cellules dans les plantes. Schleiden la poursuivit en étudiant les transformations que subissent les

(1) MÜLLER'S *Arch.*, 1838, p. 137.

cellules pour former les divers ordres de tissus, et édifia un système complet du développement des végétaux.

Schwann (1) recueillit cette hypothèse et ce système des mains de Schleiden, pour les appliquer aux animaux. Le développement des tissus et des organes par la métamorphose des cellules, la formation des cellules par l'action de noyaux et de nucléoles préexistants, furent importés de la physiologie végétale dans la physiologie animale, et firent émettre par Schwann l'idée de l'unité de structure des animaux et des plantes.

Si nous recherchons, avant de les juger, l'origine des idées de Schwann et de Schleiden, nous en trouvons le germe dans les premières études sérieuses des ovologistes modernes. Les noms de Purkinje, de Baer, Coste, Wagner marquent les premiers pas de l'organogénie dans cette voie nouvelle. Les idées, suggérées par leurs découvertes, furent développées plus tard par Valentin et généralisées par Schwann.

De Baer (2), ayant reconnu que, de toutes les parties dont se compose l'œuf d'oiseau, la vésicule germinative était celle qui, dès l'origine, avait un développement proportionnel plus considérable, supposa qu'elle était née la première, et la considéra comme un centre autour duquel venaient se déposer successivement le vitellus et la membrane vitelline. Le rôle que de Baer faisait jouer à la vésicule germinative, Wagner (3) l'attribua, quelques années après, à la tache germinative, qu'il supposa présider comme noyau à la formation de la vésicule du germe, comme nucléole, à la formation de l'œuf entier. Valentin (4) avait observé que la masse primordiale de tous les tissus était constituée, chez l'embryon, par des granules particuliers qui se trouvent dans une gélatine transparente ; il avait indiqué la différence de ces granules dans les feuillets séreux et muqueux du blastoderme ; il avait aussi appelé l'attention sur l'analogie de forme du feuillet vasculaire et du cartilage en état d'ossification, avec le tissu cellulaire des plantes. Le même anatomiste (5), et plus tard J. Müller (6), décrivirent la structure cellulaire de la corde dorsale des poissons. Purkinje et Raschkow (7), Henle et Valentin (8), étudièrent les diverses transformations des cellules épithéliales et pigmentaires. Enfin, Schwann (9) tint compte de toutes ces analogies et de celles qu'il découvrit lui-même, pour appliquer à l'organogénie animale l'hypothèse de Schleiden et proclamer l'identité de structure intime et de développement des animaux et des plantes.

Ce système fut accueilli d'abord avec beaucoup de faveur, surtout en Allemagne. Mais on ne peut douter que les histologistes qui le fondèrent ne lui aient donné beaucoup trop d'extension. Tout en servant puissamment la science, ils ont outre-passé la vérité en voulant prouver (par des observations dont les unes sont incomplètes, les autres erronées) que tout élément textulaire provient de la cellule, et que la cellule se forme toujours par les mêmes procédés organogéniques. Leur mérite

(1) *Mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Structur und im Wachsthum der Thiere und der Pflanzen.* Berlin, 1838. — FRORIEP'S *Notizen*, 1838.

(2) *Lettre sur la formation de l'œuf*, 1827, ouv. cit.

(3) *Prodromus historiæ generationis.* Leipsick. 1836.

(4) *Entwickelungs Geschichte*, p. 209, 287. — Voy. aussi Wagner, *Traité de physiologie*, p. 183. Bruxelles, 1841.

(5) *Repertorium*, t. I, p. 187.

(6) *Myxinoïden*, p. 74.

(7) *Melet. c. mammal. dent. evol.*, p. 12.

(8) *Repert.*, t. I, p. 143, 284 ; t. II, p. 245.

(9) *Mikrosk. Untersuch.*, etc.

réel est d'avoir démontré l'existence de deux faits très généraux : 1° la production de cellules comme forme première d'un grand nombre de tissus; 2° la transformation de ces cellules en éléments textulaires de diverse nature. On a été conduit ainsi à l'étude approfondie de la formation des cellules, et, bien que l'idée de Schleiden et de Schwann soit fausse dans son exclusivisme, elle a du moins eu l'avantage d'ouvrir aux recherches sur l'organisation une voie aussi féconde que nouvelle.

Quant au jugement que l'on doit porter sur cette hypothèse, nous avons vu déjà (1) jusqu'à quel point la vésicule du germe et la tache germinative peuvent passer pour le noyau et le nucléole de l'œuf. En recherchant les autres preuves invoquées par Schwann, on trouve qu'elles se réduisent à une seule observation directe faite sur les cartilages; encore cette observation, présentée par Schwann lui-même comme très douteuse, a-t-elle été démontrée fausse par les recherches de Vogt (2) sur les cartilages du crapaud accoucheur.

Si, d'ailleurs, le système de Schleiden et de Schwann était l'expression du procédé unique de développement des cellules, il faudrait, comme le fait remarquer Coste (3), que, dans le *cystoblastème* ou mucilage qui s'organise, on pût observer toujours le *nucléole* libre, le *nucléole* englobé par le *cystoblaste*, le *cystoblaste* au moment où la paroi cellulaire se dépose à sa périphérie, enfin le *cystoblaste* enclavé dans l'épaisseur de la membrane pariétale, et disparaissant à mesure que le contenu de la cellule s'introduit dans la cavité de cette dernière. Or, il est rare que le nucléole se montre libre et isolé au sein du cystoblastème; d'autres fois il n'apparaît à aucune époque de la vie des cellules. L'apparition tardive de ce corpuscule dans certains cas, son absence totale dans d'autres, empêchent qu'on puisse le considérer comme le point de départ de toute formation cellulaire. Quant au cystoblaste ou noyau, Vogt et Coste se sont convaincus que, dans un grand nombre de cellules des poissons osseux et des batraciens, il paraît seulement après la réalisation de la membrane pariétale.

On voit donc que les fondements du système de Schleiden et de Schwann ne sont pas fort solides. Tout en admettant, pour un certain nombre de cas, la probabilité du procédé de développement cellulaire qu'ils ont présenté comme exclusif, on ne peut nier que la nature ne suive souvent d'autres voies pour arriver au même but. Ces procédés, acquis aujourd'hui à la science par les observations de plusieurs physiologistes, peuvent se réduire aux suivants :

1° Des cellules peuvent se former *autour de certains centres, par confluence ou par coagulation périphérique*. Ce mode général de formation peut se réaliser par divers procédés secondaires. Tantôt la nature use du procédé décrit par Schleiden et Schwann. Tantôt la cellule se forme par la simple coagulation périphérique de sphères granuleuses : c'est ce qui a été démontré par Coste (4) au sujet des cellules du blastoderme, lesquelles se produisent par la coagulation membraneuse de la surface des petites sphères résultant de la segmentation du vitellus; l'amas de granules qui constitue chacune de ces petites sphères devient le contenu de chaque cellule, et ne peut se comparer en aucune manière ni à un noyau, ni à un nucléole, ni à un

(1) Voy. ci-dessus, p. 78.
(2) *Embryologie des Salmones*, p. 271, Neuchâtel, 1842.
(3) *Hist. gén. et part. du dév. des corps organ.*, t. I, p. 56, Paris, 1847.
(4) *Ouv. cit.*, p. 68.

contenu absorbé ou formé après coup dans la cavité de la vésicule, comme il arrive dans le procédé admis par Schleiden.

D'autres fois, des centres de formation cellulaire se constituent d'une manière toute différente de celle dont la segmentation du vitellus nous offre l'exemple. Ainsi, on voit dans le cystoblastème, une vésicule ou un globule déjà formés devenir eux-mêmes comme des centres d'attraction, et s'entourer d'une certaine quantité de globules plus petits ou de granules moléculaires, dont l'assemblage se recouvre enfin d'une membrane pariétale : Coste (1) a observé ce procédé de développement cellulaire dans les modifications que le vitellus des batraciens éprouve peu de temps après la fécondation. Parfois même ce procédé se trouve en quelque sorte simplifié : les molécules organiques se groupent spontanément, et s'entourent directement d'une enveloppe vésiculaire. Lebert (2) a observé ce phénomène dans la cicatricule de l'œuf d'oiseau, dès les premières heures de l'incubation. Courty (3) a décrit l'une et l'autre variété de formation vésiculaire, comme concourant au développement du blastoderme et à la production des appendices vitellins de la vésicule ombilicale, dans l'œuf de la poule.

2° Au lieu de se former autour d'un centre, les cellules peuvent se produire en *se creusant au milieu du cystoblastème*, c'est-à-dire par un mécanisme opposé à celui qui précède. De Mirbel (4) a observé, le premier, ce mode de développement chez les végétaux : sur une série de coupes pratiquées à l'extrémité d'une racine de dattier, il a vu se manifester, au sein de la substance mucilagineuse du cambium, une multitude de masses irrégulièrement sphéroïdales, homogènes, résultant d'une espèce de condensation du cystoblastème ; bientôt, au centre de chaque masse, se creuse une cavité qui grandit peu à peu, en refoulant autour d'elle la matière qui lui sert de limite. Cette matière elle-même, refoulée, amincie en membrane, finit par représenter une sphère creuse, c'est-à-dire une vésicule. Coste (5) assigne un mode de formation, analogue aux grandes vésicules granuleuses dont l'ensemble constitue la masse du jaune dans l'œuf d'oiseau. En effet, comme nous l'avons déjà dit (6), les globules gélatiniformes, dont ce vitellus se compose dès les premiers moments de son existence, subissent les modifications suivantes : leur substance intérieure se liquéfie, pendant que la surface conserve sa solidité primitive ; chacun d'eux se trouve ainsi converti en une petite vessie transparente, renfermant un fluide limpide, au sein duquel naîtra d'abord un noyau, et plus tard une multitude de granules ; d'autres fois la surface du globule se soulève de tous côtés en membrane enveloppante et constitue de la sorte une vésicule ayant pour noyau le globule lui-même. N'y a-t-il pas encore, comme le fait observer Courty (7), quelque chose d'analogue à ce mode de développement dans la manière dont se constitue la vésicule composée qui forme le blastoderme chez les mammifères ?

3° Des cellules peuvent se produire par *le cloisonnement*, *la division*, *la scission de cellules déjà existantes*. Ce mécanisme, fréquent chez les végétaux, notamment chez les conferves, a été observé aussi chez les animaux. Courty (8) l'a vu se

(1) *Ouv. cit.*, p. 70.
(2) *Ann. des sc. nat.*, 3ᵉ série, p. 272. Paris, 1844.
(3) *Ann. des sc. nat.*, 3ᵉ série, t. IX, p. 11. Paris, 1848.
(4) *Arch. du Muséum d'hist. nat.*, t. I, p. 305. Paris, 1839-1840.
(5) *Ouv. cit.*, p. 72.
(6) Voy. p. 70, fig. 13.
(7) *De l'œuf et de son développement dans l'esp. hum.*, p. 25.
(8) *Ouv. cit.*, p. 24.

réaliser dans les cellules du blastoderme de certains mollusques. Coste (1) en a cité des exemples offerts par les grandes cellules du jaune de l'œuf chez la grenouille, par les cellules du blastoderme des mammifères pendant le premier accroissement de cette membrane, et par celles de la vésicule ombilicale de plusieurs gastéropodes.

4° Enfin, Coste (2) admet que des cellules peuvent se produire aussi par *bourgeonnement*, et pousser, sur les parois de cellules mères, comme de véritables gemmes. Il en a vu des exemples sur la face interne de la vésicule ombilicale des sauriens et particulièrement des lézards.

Faut-il rapporter à ce dernier mode de formation l'existence de *cellules emboîtées* dans d'autres cellules, ou peut-on supposer que ces générations *endogènes* de cellules se réalisent par un tout autre procédé? Une pareille question est, à cette heure, insoluble. Nous ne donnerons donc pas d'explication de ce fait; contentons-nous de le constater. Henle, Valentin, J. Müller, Schwann en ont rapporté des exemples. Lebert (3) surtout a rencontré des cellules emboîtées dans les carcinomes; nous en avons retrouvé de fréquents exemples dans l'observation microscopique de diverses tumeurs cancéreuses.

Il resterait un dernier problème à résoudre dans l'histoire du développement des cellules. Comment, dans un liquide plastique amorphe, des molécules, des granules, des globules, pouvant servir de noyaux ou se transformer directement en vésicules, viennent-ils à se manifester?

Ascherson (4) a fait, à ce sujet, une observation qui n'est pas sans intérêt. Elle est relative au rôle que jouent les propriétés chimiques des liquides qui interviennent dans la production des éléments cellulaires. Lorsque de la graisse ou de l'huile sont mises en contact avec de l'albumine liquide, celle-ci se dispose en pellicules membraneuses autour des petits globules graisseux ou des petites gouttes d'huile. Si l'on ajoute un peu d'eau au mélange, la petite poche s'enfle; et, si l'on y met un peu d'acide acétique, elle finit par crever. On peut expliquer jusqu'à un certain point ce singulier phénomène, par l'effet d'une réaction chimique : d'un côté, le corps gras ne se laisse pas mouiller par l'eau; d'un autre côté, il enlève à l'albumine une certaine quantité d'alcali dont la présence était nécessaire à sa liquidité, et détermine ainsi la solidification de cette albumine sur toute sa périphérie.

Une autre remarque, qui n'est pas sans importance, doit être placée à côté de celle-ci. Dans un grand nombre de cellules à noyau, et surtout de jeunes cellules, il est facile de s'assurer que la cellule et le noyau n'ont pas la même constitution chimique : la cellule se dissout dans l'acide acétique, le noyau ne s'y dissout pas.

Mais, il faut en convenir, ces faits ne sont pas suffisants pour faire concevoir une explication générale de la production des cellules. On ne peut assurer qu'il y ait toujours, dans les éléments qui y prennent part, une différence essentielle de composition chimique. Souvent, au contraire, tout porte à penser que des cellules s'engendrent dans un liquide parfaitement homogène, et que les forces vitales président seules à ces premières manifestations de l'organisation de la matière.

(1) *Ouv. cit.*, p. 73.
(2) *Id.*,
(3) *Physiologie pathologique.* Paris, 1846.
(4) *Compt. rend. de l'Acad. des sc. de Paris*, 1838, t. VII, p. 837. — Voy. aussi Burdach, *Physiolog.*, t. IX, p. 451.

Nous venons d'exposer avec quelques détails les divers modes de formation des cellules, à cause du rôle important que jouent, dans le développement du germe, ces manifestations premières de l'organisation.

La production de vésicules, de cellules, de membranes utriculaires, est la première mutation, le mouvement initial, qui accuse la présence des forces de la vie dans un liquide amorphe. L'œuf se présente sous la forme d'une vésicule, ses éléments intérieurs eux-mêmes sont granuleux et vésiculeux. D'autre part, les spermatozoïdes naissent de productions cellulaires présentant, à l'extrémité des conduits séminaux, une succession de phénomènes dont le but final est la formation des éléments reproducteurs masculins. Lorsque les premiers linéaments de l'embryon viennent à paraître, ils sont formés eux-mêmes de cellules tendres, délicates, juxtaposées; enfin, la plupart des tissus qui se développent successivement, à mesure que se forment les divers organes, se composent primitivement de cellules. N'avons-nous pas dit, en étudiant le développement des divers systèmes organiques, que ces systèmes se forment des feuillets celluleux du blastoderme? N'avons-nous pas vu déjà que, dans la matière plastique primitive, il y a d'un côté des granules, des globules, des cellules embryonnaires libres, tels que les globules du sang, et, d'un autre côté, des granules, des globules, des cellules juxtaposés, adhérents, soudés entre eux de manière à former les membranes, les tissus, les organes du nouvel être? La question que nous nous étions posée plus haut doit donc être résolue par l'affirmative : Oui, la plupart des tissus animaux sont formés, du moins dans le principe, de vésicules et de cellules.

Reste à savoir par quel mécanisme les cellules peuvent former les divers tissus de l'embryon; à examiner si ces tissus primitifs s'accroissent par un procédé analogue à celui de leur formation, et s'ils deviennent eux-mêmes les éléments définitifs de l'organisation fœtale, ou si de nouveaux tissus se créent, par quelque autre mode, pour suffire aux besoins d'une existence plus compliquée; à rechercher s'il est des tissus qui ne proviennent pas de cellules, et quel serait, dans ce cas, le mode de formation de ces tissus; à déterminer, enfin, ce que deviennent, dans le passage de l'état de cellules à l'état de tissus (membranes, fibres, vaisseaux, etc.), les divers éléments de la cellule, le contenant, le contenu, le noyau, le nucléole et le cystoblastème lui-même, c'est-à-dire la substance au milieu et aux dépens de laquelle les cellules se sont développées.

Plusieurs de ces questions sont encore indécises, d'autres sont du domaine de l'anatomie microscopique. Nous serons donc obligé d'exprimer les résultats acquis à la science, plutôt que de discuter longuement tous les éléments de ces problèmes, renvoyant, pour les détails de la discussion, aux ouvrages de J. Müller, Valentin, Henle, Schwann, Mandl, Lebert et quelques autres, qui se sont adonnés, depuis peu d'années, à l'étude de l'anatomie générale et de l'histologie.

Quand on examine le développement des premières formations embryonnaires et leur structure intime, on est frappé de leur aspect utriculaire. Elles paraissent toutes constituées par des cellules juxtaposées, plus ou moins adhérentes entre elles, disposées sur un ou sur plusieurs rangs, suivant l'épaisseur de l'organe qui résulte de leur assemblage; enfin, la plupart de ces cellules, du moins à certaine époque de leur existence, paraissent posséder un noyau.

Ainsi, le sac blastodermique, dont l'organisation succède au phénomène si

remarquable de la segmentation du germe, est entièrement formé de cellules à noyau (1). Il en est de même des divers feuillets en lesquels cette membrane semble se diviser. Il en est encore de même de la masse entière et des diverses parties de l'embryon : tous les embryologistes se sont assurés, comme Bischoff (2), qu'à une époque peu avancée, par exemple au neuvième jour chez les lapins, les différentes parties de l'embryon, quoique distinctement reconnaissables, sont toutes formées de cellules avec ou sans noyau.

Si l'on observe au microscope les tissus de l'adulte, on retrouve dans plusieurs la persistance de la composition cellulaire qui nous frappe dans les tissus de l'embryon ; on reconnaît même, chez quelques uns, une identité remarquable dans la forme, la disposition, l'organisation des cellules.

Que sont, en effet, les globules que l'on retrouve dans certains liquides, notamment dans la lymphe, le chyle, le sang, sinon des cellules à des degrés variables de développement? Tous les épithéliums ne sont-ils pas composés de cellules à noyau, ceux qui recouvrent la peau, aussi bien que ceux qui tapissent les surfaces muqueuses ou la face interne de la membrane propre des glandes? Ne trouve-t-on pas des cellules à noyau dans les petits sacs où sont contenus les grains de pigment, dans le tissu des cartilages, dans la substance du cristallin, dans les corpuscules ganglionnaires placés sur le trajet des nerfs, etc. ?

Les *tissus pathologiques, ou de nouvelle formation*, se produisent eux-mêmes d'une manière analogue, c'est-à-dire par le développement de cellules. Tantôt de nouveaux éléments succèdent à ces premières formations de cellules, tantôt la forme cellulaire persiste et devient seulement le siége d'une destruction et d'une rénovation incessantes.

Tels sont les résultats des observations de J. Müller (3), Vogel (4), Lebert (5). Ainsi, les cicatrices se forment aux dépens de globules fibro-plastiques, ou cellules à noyau plus ou moins allongées. De grands globules granuleux caractérisent les tissus enflammés et la formation de fausses membranes. Les globules de pus ne sont eux-mêmes que des cellules à noyau. L'organisation cellulaire est enfin la seule qui appartienne aux tissus mélanique, tuberculeux et cancéreux.

Que deviennent, par les progrès du développement, les nombreuses cellules dont la réunion constitue l'ensemble des organes embryonnaires? Les unes persistent ou sont remplacées par des cellules semblables; d'autres, ou les nouvelles cellules qui leur succèdent, changent d'aspect, de dimensions, de consistance, en un mot, se transforment en tel ou tel tissu; d'autres, enfin, disparaissent probablement sans retour, pour être remplacées par des tissus qui proviennent directement, et par un mécanisme particulier, de la matière plastique ou organisable. Examinons, en peu de mots, ces divers modes d'histogénèse.

1° Il est d'abord des cellules qui demeurent libres, isolées, indépendantes les unes des autres, mobiles dans un milieu liquide. Tels sont les corpuscules ou globules de la lymphe, du mucus, du pus, et surtout les globules du sang.

En décrivant l'établissement de la première circulation, nous avons dit que,

(1) Voy. pl. 1, fig. 9, 10.
(2) *Développement de l'homme et des mammifères*, p. 703.
(3) *Ueber den feineren Bau und die Formen der krankhaften Geschwülste.* Berlin, 1838.
(4) *Icones physiologiæ pathologicæ. — Anat. pathol. gén.* Paris, 1846, trad. de Jourdan.
(5) *Physiologie pathologique.* Paris, 1845.

tandis qu'un liquide abondant pénètre entre les deux feuillets du blastoderme, on voit, dans cet espace intermédiaire, un certain nombre de cellules se mouvoir au milieu d'un certain nombre d'autres qui conservent leur position et finissent par se souder les unes aux autres. Ces dernières forment les parois vasculaires. Les premières sont les premiers globules de sang. Ces globules sanguins sont alors des cellules à noyau ; leurs formes, leurs dimensions, leur composition, sont différentes de celles des globules du sang d'un embryon plus âgé et surtout de l'adulte. Comme tous les autres tissus, le liquide sanguin subit une véritable rénovation en passant des premiers âges de la vie aux époques ultérieures du développement. Mais, chez l'adulte lui-même, les globules du sang sont de véritables cellules, conservant une liberté et une individualité permanentes. Chez les poissons, les reptiles et les oiseaux, le noyau persiste et est très développé. Chez l'homme et la plupart des mammifères, on n'en trouve plus de traces. L'opinion de Valentin (1), qui regardait les globules sanguins comme des noyaux, et non des cellules, ne paraît plus soutenable aujourd'hui.

Quant à l'origine des premiers globules sanguins chez l'embryon, on ne peut admettre avec Baumgaertner (2), Schultz (3) et Bischoff (4) qu'ils soient réellement des cellules du jaune; ni même, avec Reichert (5), qu'ils proviennent secondairement des petites cellules vitellines. Nous avons vu que, par son organisation et son but final, le vitellus est tout différent du germe proprement dit; le vitellus ne se retrouve pas d'ailleurs dans l'œuf des mammifères, et conséquemment ne saurait y engendrer les globules du sang. Ces globules ressemblent exactement aux cellules primaires de tous les autres organes, dont rien ne saurait les faire distinguer; ils proviennent des créations blastodermiques, c'est-à-dire de l'évolution et du développement du germe ou de la cicatricule.

Enfin, il importe de faire observer que, d'après les observations faites d'abord par Hewson (6), Prévost et Dumas (7), E.-H. Weber (8), R. Wagner (9), Valentin (10), et renouvelées depuis par la plupart des embryologistes, les globules du sang de l'embryon sont généralement plus volumineux que ceux de l'animal adulte.

2° D'autres cellules persistent à l'état de cellules, et se retrouvent chez l'adulte, mais aplaties, élargies, adhérant les unes aux autres, et formant par leur réunion certains tissus cohérents. C'est ce qui a lieu pour l'épiderme, le tissu corné, les diverses espèces d'épithélium, le pigment, la surface du cristallin.

3° Dans d'autres tissus, on reconnaît bien l'existence antérieure de cellules; mais on ne peut dire que la réunion de ces cellules constitue, à proprement parler, le tissu. Les seules traces d'élément primordial qu'il soit donné de saisir sont les cavités des cellules; leurs parois sont confondues ensemble, épaissies et complétement déformées. Telle est l'organisation du cartilage. Quant aux tissus osseux et dentaire, on n'y retrouve pas, à proprement parler, de vestiges de cellules, bien

(1) MÜLLER'S *Archiv.*, 1840, p. 218. — *Traité de physiologie de Wagner*, trad. fr., p. 185.
(2) *Ueber Nerven und Blut.*, p. 46.
(3) *System der Circulation*, p. 30.
(4) *Ouv. cit.*, p. 288.
(5) *Entwickelungsleben*, etc., p. 139.
(6) *Opus posthumum*, p. 31.
(7) *Ann. des sc. nat.*, 1re série, t. IV, p. 499.
(8) SCHMIDT'S *Iahrbücher*, dans son compte rendu des *Mensiones micrometricæ* de Wagner.
(9) *Zur vergleichenden Physiologie des Blutes*, t. II, p. 35.
(10) *Entwickelungsgeschichte*, p. 296.

que Schwann ait cherché à rattacher à cette forme élémentaire les énigmatiques corpuscules osseux.

4° Une transformation des cellules facile à constater, est leur élongation et leur passage à l'état de fibres plus ou moins nombreuses, plus ou moins étendues. Un grand nombre des fibres du tissu cellulaire se développe par ce procédé. Avant que les fibres aient acquis tout leur développement, ou se soient dissociées du faisceau qu'elles forment dans le principe, on observe sur quelques points la trace du noyau primitif de la cellule. Comme il est possible d'observer d'ailleurs en même temps plusieurs degrés de ce mode de formation, depuis l'existence de la cellule simple jusqu'à celle du faisceau de fibres et de la fibre isolée, on ne peut douter que la fibre ne soit engendrée par la cellule.

Ce que l'on observe chez l'embryon, on le retrouve chez l'adulte partout où se forme du tissu fibreux, du tissu de cicatrice et autour des productions pathologiques. Lebert (1) a décrit avec soin ce mode de formation ; il a donné le nom de *globules fibro-plastiques* aux cellules à noyau plus ou moins allongées dont le but final est la formation des fibres.

Il existe aussi une autre espèce de fibres, insolubles dans l'acide acétique, douées de caractères spéciaux, auxquelles Henle (2) a donné le nom de *fibres de noyaux*, parce qu'il suppose qu'elles se forment par l'allongement des noyaux de cellules, de la même manière que les précédentes par l'allongement des cellules entières. Mais on n'a jamais surpris des noyaux s'allongeant ou se ramifiant comme les cellules. Aussi la plupart des histologistes, d'accord avec Lebert, nient-ils aujourd'hui ce mode d'origine. Quand le noyau d'une cellule ne persiste pas à l'état de noyau, généralement il disparaît. Pour ce qui est du contenu, il disparaît aussi, ou se modifie dans sa composition chimique et sa consistance, à mesure que la cellule s'aplatit, s'allonge ou se divise pour former des squames, des faisceaux de fibres ou des fibres.

5° Enfin, Schwann a admis que l'évolution des cellules peut aller jusqu'à former, par l'union de leurs parois et la communication de leurs cavités, des cylindres musculaires, des tubes nerveux, des canaux vasculaires. Cette opinion, purement hypothétique, ne peut être démontrée par aucune preuve directe. La présence de taches ou de nodules, que l'on a crus être des vestiges de noyaux, ne suffit pas pour prouver que ces cavités résultent de la fusion d'un certain nombre de cellules creuses.

On ne peut voir, avec Hodgkin, des traces de cloisons cellulaires dans les valvules des vaisseaux lymphatiques. Dans les études faites par Reichert (3), Prévost et Lebert (4), Courty (5), sur le développement des vaisseaux sanguins dans l'embryon du poulet, ces observateurs n'ont jamais vu non plus les vaisseaux se former, comme l'a supposé Schwann (6), par la jonction de cellules soudées bout à bout et venant à communiquer par suite de la résorption des parois contiguës ; ni, comme l'a décrit Kœlliker (7), chez les batraciens, par le développement de cellules étoilées, analo-

(1) *Physiol. pathol.* Paris, 1845.
(2) *Anat. générale*, t. I, p. 384. Paris, 1843, trad. de Jourdan.
(3) *Entwickelungsleben*, p. 142.
(4) *Ann. des sc. nat.*, 1844, 3e série, t. I, p. 302.
(5) *Ann. des sc. nat.*, 1848, 3e série, t. IX, p. 15.
(6) *Mikroskopische Untersuchungen*, p. 182.
(7) *Ann. des sc. nat.*, 3e série, t. VI, p. 91.

gues aux cellules pigmentaires, dont les prolongements ou les éperons s'anastomoseraient entre eux.

Effectivement, le tissu des vaisseaux n'est pas, à proprement parler, un tissu particulier. Quand le sang se forme dans l'embryon, il se meut d'abord dans des espaces vagues et sans limites. De la continuité de ce mouvement, de la direction que lui imprime la force qui préside à son établissement en réglant la dilatation et la contraction du cœur, résulte tout d'abord la naissance de lacunes entre lesquelles s'organisent des tissus, puis la formation de véritables canaux, limités plus tard avec netteté et n'étant plus dès lors susceptibles de changer de place. Autour de ces canaux, comme autour de toute cavité, de tout conduit, servant à une fonction organique, se créent tels ou tels tissus : ainsi s'organisent les vaisseaux. Mais les tissus qui participent à cette organisation ne diffèrent pas, ou du moins ne diffèrent guère de ceux qui se rencontrent partout. Un épithélium, des fibrilles de tissu cellulaire, des fibres plates, bifides comme celles du tissu élastique, même des fibres musculaires lisses, tels sont les éléments dont se composent les parois des tubes dans lesquels circulent les liquides animaux. Ces tubes étaient primitivement limités par de simples rangées de cellules plus ou moins tassées les unes sur les autres, suivant la résistance, l'âge, le calibre du vaisseau ; peu à peu ils se sont entourés de productions histologiques plus spéciales, plus variées, plus solides, c'est-à-dire en rapport avec les exigences de circulation de l'adulte.

Les tubes nerveux résulteraient, d'après Valentin (1), du dépôt d'une substance grenue autour des cellules primitives qui se souderaient ensemble, communiqueraient entre elles par suite de la résorption de leurs cloisons contiguës, et laisseraient voir pendant quelque temps leurs noyaux à la surface interne des tubes. D'après Schwann (2), le dépôt de substance blanche s'effectue au contraire sur la face interne de la paroi du tube. Chaque tube nerveux, dans son trajet entier, est d'ailleurs considéré par cet anatomiste comme une cellule secondaire, née par la fusion de cellules primaires dont chacune avait son noyau. Quant aux tubes nerveux, connus sous les noms de *fibres grises ou organiques*, et dont l'assertion de Bischoff (3) ne saurait faire mettre l'existence en doute, ils se développeraient par un mécanisme fondamentalement identique.

Les globules ganglionnaires de la substance grise seraient, d'après Schwann, les cellules primaires elles-mêmes, mais développées ; tandis qu'ils seraient, d'après Valentin, des formations secondaires développées aux dépens des cellules primaires. Wagner et Ch. Robin ont découvert que les ganglions résultent d'un amas de corpuscules ganglionnaires ayant avec les tubes nerveux des connexions bien plus intimes qu'on ne l'avait supposé. Chaque corpuscule, en effet, est une espèce de renflement dont les parois se continuent avec les parois du tube nerveux, qui est rétréci au point de communication. Le contenu du renflement est granuleux, jaunâtre, plus dense et moins transparent que celui du tube, et, dans ce contenu granuleux, se trouve incluse une cellule ronde, claire, transparente, homogène ou finement granuleuse, contenant un ou deux nucléoles. Robin a observé encore que, dans les deux espèces de tubes nerveux, les corpuscules ganglionnaires diffèrent par la forme, le volume, le contenu, et même la cellule centrale.

Les mêmes doutes existent à l'égard de la fibre musculaire lisse et des fibres mus-

(1) MÜLLER'S *Archiv.*, 1840, p. 218, 225.
(2) *Ouv. cit.*, p. 169.
(3) *Dév. de l'homme et des mamm.*, p. 214.

culaires striées. Les traces de noyaux que l'on découvre sur la première et sur le tube qui enveloppe les faisceaux des secondes ne suffisent pas pour démontrer que ces éléments organiques proviennent directement de la transformation de cellules préexistantes, ainsi que l'ont supposé, à quelques différences près, Valentin (1), Schwann (2), Pappenheim (3), Reichert (4), Henle (5).

On voit donc que, s'il est des cellules qui persistent ou qui se reproduisent de manière à conserver à certains tissus de l'adulte la structure des tissus de l'embryon ; s'il en est d'autres qui se transforment pour donner naissance à un autre genre de texture organique, il en est aussi un grand nombre dont on constate la disparition à un certain âge de la vie embryonnaire, sans pouvoir saisir aucune relation de métamorphose dans le passage de l'état primitif de cellules à l'état consécutif de membranes, de fibres, de tubes, de vaisseaux. Tout semble démontrer, au contraire, que *plusieurs tissus naissent directement de la substance inter-cellulaire*, et prennent seulement la place des cellules, à mesure que celles-ci disparaissent. Le cystoblastème, ou, pour employer une expression qui ne préjuge rien, le fluide amorphe organisable, qui dans le principe avait donné naissance à des cellules, peut produire, à un âge plus avancé, des formes organiques différentes d'où résultent de nouveaux tissus. Ces derniers sont destinés à durer pendant toute la vie du nouvel être et à remplacer les organes cellulaires transitoires de l'embryon. Ils paraissent provenir des cellules préexistantes ; mais, en réalité, ils ont seulement pris leur place, en vertu d'une loi de développement que nous allons bientôt signaler.

Cette opinion est justifiée par l'observation des parties qui se forment évidemment sans intervention de cellules. Ainsi quelques membranes minces, transparentes, hyalines, sans organisation appréciable, semblent se développer de toutes pièces par une condensation du blastème, dans lequel on voit apparaître de fins granules et quelques fibres déliées, sans aucune trace de cellules.

Mandl (6) apporte même, à cet égard, les plus grandes restrictions à la théorie cellulaire de Schwann. Il admet, par exemple, que la cellule proprement dite se rencontre rarement, et que la prétendue cellule est le plus souvent un corpuscule solide. Il pense que certains tissus proviennent de la métamorphose, soit des cellules, soit des corpuscules, mais que plusieurs autres se développent directement du liquide plastique : telles seraient notamment un grand nombre de fibres qui, d'après lui, résulteraient tout simplement de la scission longitudinale plus ou moins multipliée des lamelles du blastème condensé en plaques membraniformes.

Enfin, plusieurs micrographes supposent que toutes les cellules ou tissus de transition se liquéfient et sont complétement résorbés au moment où les tissus définitifs se développent pour les remplacer.

(1) *Historiæ evolutionis systematis muscularis prolusio.* Breslau. 1832. — *Entwickelungsgeschichte*, p. 166. — Müller's *Archiv.*, 1840, p. 198.
(2) *Ouv. cit.*, p. 156.
(3) *Verdauung*, p. 111.
(4) *Entwickelungsleben*, p. 241.
(5) *Anat. gén.*, t. II, p. 123, 145.
(6) *Manuel d'anat. générale.* Paris, 1843. — *Anat. microscopique.*

Lois du développement. — Théories de la génération.

Lois du développement.

L'intérêt excité de tous temps par les faits embryologiques a poussé les nombreux observateurs qui les ont étudiés à chercher les lois de leur manifestation. Ces lois ont été tour à tour en rapport avec les idées qu'on a pu se former, à diverses époques, de la nature intime des phénomènes reproducteurs. Aussi, ne sont-elles guère, pour la plupart, que des vestiges de systèmes, dénués aujourd'hui du caractère de généralité qui fait seul la force d'une loi, et bons à marquer seulement la marche de la science.

En conséquence, on ne doit pas s'attendre à trouver ici une longue exposition de ces principes. Ceux qu'on a cru devoir admettre encore de nos jours, et rattacher à une théorie de la génération, seront seuls l'objet de notre examen et de notre appréciation.

I. D'après les détails dans lesquels nous sommes entré sur la formation de l'embryon humain et de ses divers systèmes organiques, on a pu s'apercevoir que cet embryon parcourt, en se développant, une série de modifications, depuis l'état de membrane blastodermique jusqu'à celui d'animal parfait. L'étude de ces modifications a vivement frappé l'esprit de tous les anatomistes qui les ont successivement découvertes, et la connaissance imparfaite des principaux degrés d'organisation par lesquels passe l'embryon, avant d'atteindre la réalisation du type qu'il doit reproduire, a donné lieu à un des plus singuliers systèmes.

Ainsi, Meckel, Geoffroy Saint-Hilaire prétendirent que le fœtus humain passe par des états transitoires rappelant la constitution définitive des différents êtres qui lui sont inférieurs dans la série animale; c'est-à-dire qu'il représente d'abord un zoophyte, puis un mollusque, un ver, un poisson, un reptile, etc. Serres, qui soutient actuellement cette opinion, dit, par exemple, que les monades, parmi les animaux inférieurs, sont représentés en embryogénie par la vésicule de Purkinje, que les gônes, les volvoces trouvent leur représentation dans l'état embryonnaire primitif, etc. Ce n'est pas seulement d'après la considération de l'ensemble des formes organiques, mais encore d'après celle des divers appareils, que les anatomistes de cette école ont cru reconnaître une identité entre l'organisation fœtale de l'homme aux diverses époques du développement, et l'organisation adulte des animaux qui lui sont inférieurs.

Cette manière de voir se résume par les expressions suivantes de Serres (1) : « L'organogénie humaine est une anatomie comparée transitoire, comme à son tour l'anatomie comparée est l'état fixe et permanent de l'organogénie de l'homme. »

Pour peu qu'on approfondisse l'étude de l'embryologie, et que l'on compare avec rigueur les faits bien observés d'embryogénie humaine avec les notions exactes de l'embryogénie des animaux, on n'a pas de peine à se convaincre que cette hypothèse a, tout au plus, l'apparence de la vérité. Elle est seulement l'expression de phénomènes observés sous un faux jour, ou d'une manière incomplète. Outre que l'opinion de Baer, si puissante en cette matière, est tout à fait contraire à une pareille doctrine, les observations embryologiques les plus récentes témoignent

(1) *Précis d'anatomie transcendante appliquée à la physiologie*. Paris, 1842, p. 90.

hautement de sa fausseté. Plusieurs anatomistes, tels que J. Müller (1), Milne Edwards (2), Courty (3), en discutant la manière dont on doit considérer les analogies que les embryons offrent les uns avec les autres dans les différentes classes, ont donné l'interprétation réelle des faits qui servirent de fondement à cette erreur.

Il est d'abord évident que l'homme, à quelque époque de son développement embryonnaire qu'on veuille le prendre, ne ressemble jamais à un radiaire, à un mollusque, ni à un articulé. Dès qu'une trace saisissable d'un type d'organisation animale se manifeste sur le blastoderme, cette trace offre tout d'abord un aspect différent et caractéristique pour tous les individus de chacun des quatre grands embranchements du règne animal. On sait que, pour les vertébrés, elle consiste dans l'apparition de la ligne primitive. Aussitôt que, sur un œuf dont le développement a atteint la période de la membrane blastodermique, on voit se dessiner cette ligne, on peut être assuré qu'un vertébré naîtra de cet œuf, etc.; c'est là certainement le cas de l'œuf humain.

Bien plus, l'homme ne ressemble jamais ni à un poisson, ni à un reptile, ni à un oiseau. Assurément les premiers linéaments embryonnaires, les dispositions organiques des systèmes nerveux, vasculaire, digestif, sont fort analogues, sinon semblables, chez tous les embryons de poissons, de reptiles, d'oiseaux, de mammifères, et de l'homme lui-même. Faut-il en conclure que le poisson, le reptile, l'oiseau, le mammifère adultes soient analogues à l'homme dans ses divers âges embryonnaires? Non, sans doute. Il n'y a pas ici autre chose qu'une identité apparente entre des embryons qui ne sont pas encore organiquement caractérisés; de même que, à une époque moins avancée, il y avait identité apparente entre les œufs de tous les animaux. L'organisation du poisson, du reptile, de l'oiseau, du mammifère et de l'homme est, à une époque reculée de la vie embryonnaire, l'expression la plus simple du type commun à tous. Mais, bientôt chacune de ces classes se caractérise par l'apparition des traits organiques qui lui sont particuliers, et poursuit, dans telle ou telle direction, les progrès de son développement. Dans chacune de ces classes, se manifestent plus tard, entre des embryons primitivement identiques, de nouvelles différences qui témoignent d'une direction divergente. Enfin, lorsque chaque espèce a atteint le dernier degré de son évolution, elle ne présente plus aucune forme organique identique avec celles même de son état embryonnaire, et par conséquent à plus forte raison analogue à quelqu'une des formes transitoires du fœtus humain.

Ainsi l'assimilation que l'on a faite des états embryonnaires de l'être humain avec les formes organiques des autres animaux adultes est insoutenable. La seule assimilation fondée est celle de ces états embryonnaires avec les mêmes états embryonnaires d'un certain nombre d'animaux. De même que les œufs de tous les animaux se ressemblent à l'origine du développement de tout animal, de même les embryons de tous les vertébrés se ressemblent plus tard par le fait de l'existence commune de la ligne primitive, et de certaines dispositions générales des divers systèmes organiques, telle que celle des arcs aortiques, pour le système vasculaire. Puis les embryons des mammifères, se distinguant de tous les autres embryons de

(1) *Manuel de physiologie*, t. II, p. 705. Paris, 1845.

(2) *Considérations sur quelques principes relatifs à la classification naturelle des animaux*, etc. *Ann. des sc. nat.*, 3e série, Zoologie, t. I, p. 66.

(3) *Lettre sur quelques points de physiologie générale*, dans le *Journal de la Soc. de méd. prat. de Montpellier*, 1847.

vertébrés par des caractères tranchés, se ressemblent tous entre eux par des traits organogéniques communs. Chez ces embryons de mammifères eux-mêmes, surviennent d'autres caractères organiques qui, dès une période reculée de l'état embryonnaire, annoncent des divergences entre les différents genres. Plus tard, de nouveaux caractères témoignent de nouvelles divergences entre les diverses espèces. Enfin celles-ci se singularisent à leur tour, s'individualisent de plus en plus et présentent finalement toutes les particularités propres à l'espèce, à la variété, à la race qui doit être reproduite.

Il n'y a donc pas de ressemblance entre les formes transitoires de l'embryon humain et les formes permanentes des autres embryons. Mais il y a similitude, à des périodes successives du développement, entre les organisations embryonnaires des divers embranchements, classes, ordres, genres du règne animal, similitude qui va toujours s'affaiblissant, se morcelant pour ainsi dire, à mesure que ces formes organiques divergent vers la réalisation définitive du type qu'elles doivent reconstituer.

L'hypothèse que nous venons de combattre, celle qui présenterait l'organogénie humaine comme une anatomie comparée transitoire, conduirait insensiblement à une nouvelle hypothèse, qui ne serait elle-même que la restauration d'une idée introduite depuis longtemps dans la science ; nous voulons parler du système des *transformations* ou *métamorphoses*. Si le germe de l'être humain passait successivement par les états d'infusoire, de mollusque, d'articulé, de poisson, de reptile, etc., avant d'atteindre l'organisation de l'homme, il en faudrait conclure rigoureusement qu'il s'est transformé peu à peu, qu'il a subi une série de métamorphoses pour s'élever du degré le plus inférieur au rang le plus élevé. Or, l'hypothèse des transformations est fausse de tous points : elle est inadmissible aussi bien pour l'ensemble de la série animale que pour des groupes limités d'animaux ; pour le développement de l'être humain, comme pour le développement des insectes ; pour la totalité du fœtus, comme pour chacun de ses systèmes organiques en particulier.

On sait que les transitions remarquables de l'état de larve ou de chenille à celui de chrysalide, et de l'état de chrysalide à celui de papillon ou d'insecte parfait, donnèrent lieu à la première idée des métamorphoses dans le règne animal. Mais ces transitions sont-elles vraiment des métamorphoses ? Depuis les admirables travaux de Swammerdam, on peut assurer le contraire. Swammerdam, en effet, bien qu'il en déduisît la conclusion erronée de la préexistence des germes et de leur éternel emboîtement, démontra, le premier, à l'aide de ses ingénieux procédés de dissection, que la chenille ne se transforme réellement pas en papillon. Il fit voir que les organes du papillon se développent peu à peu sous l'enveloppe et les organes de la chenille ; qu'ils déterminent l'atrophie, la résorption ou le dessèchement de ces derniers, et finissent par les remplacer, lorsqu'ils ont acquis la puissance de suffire eux-mêmes à l'accomplissement de nouvelles fonctions.

Une succession de phénomènes analogues se passe chez les embryons de tous les animaux, et, en particulier, chez l'embryon de l'homme. Cette marche de la nature dans la création des êtres nouveaux, signalée déjà, pour un petit nombre d'organes, par Isidore Geoffroy Saint-Hilaire (1), sous le nom de *rénovation des*

(1) *Traité de tératologie*, t. I, p. 272. Paris, 1832.

organismes, et par Flourens (1), sous celui de *dédoublement organique*, a été généralisée et présentée par Courty (2) sous le nom de *substitution organique*, comme une loi de développement commune à la plupart des appareils et à l'organisation entière de l'état embryonnaire. La substitution, ou changement d'organes, a pour but l'accomplissement de fonctions nouvelles nécessitées par les nouvelles conditions d'existence que le jeune animal est obligé de traverser pour passer de l'état d'œuf à celui d'embryon, de fœtus, d'animal parfait.

Un des exemples les plus remarquables de substitution organique est celui qui se manifeste le premier dans l'œuf humain, la succession des chorions (3). Nous avons vu, en effet, comment la vésicule vitelline, le blastoderme, l'allantoïde, forment successivement, chacun à son tour, l'enveloppe la plus extérieure de l'œuf : à mesure que celui-ci change de condition, les membranes, qui l'enveloppaient et qui suffisaient à ses premiers besoins, s'atrophient peu à peu, sont résorbées et disparaissent, pour faire place à des membranes nouvelles qui procédaient du fœtus derrière les premières, et qui, lorsque leur organisation est parfaite, viennent suppléer celles-ci dans de nouvelles fonctions. Nous retrouvons des exemples de phénomènes analogues dans la succession des divers appareils de nutrition (la vésicule ombilicale, le chorion, le placenta), de circulation (appareils de la première, de la seconde, de la troisième circulation), de respiration (allantoïde, poumons chez les oiseaux; branchies, poumons chez les batraciens, etc.), de sécrétion (corps de Wolff, reins), etc. Enfin n'en est-il pas de même, comme nous le disions à propos de l'histogénèse, du développement des tissus? Ceux-ci ne se substituent-ils pas peu à peu à cette sorte de gangue organique celluleuse, d'une simplicité et d'une uniformité parfaites, qui constitue primitivement toutes les parties de l'embryon?

Telle est la solution que les travaux embryologiques nous permettent de donner actuellement à ce problème, si étrangement résolu, des changements subis par l'embryon dans le cours de son développement.

II. Une autre idée a été le point de départ de principes généraux différents, et même opposés entre eux, suivant qu'on s'est efforcé de la résoudre en un sens ou en un autre : c'est celle de la direction que suivent, dans leur marche, les créations organogéniques. Quels organes se développent les premiers dans l'embryon? Ces organes se développent-ils primitivement dans le lieu qu'ils occuperont plus tard? Enfin le développement général de l'embryon a-t-il lieu du centre à la circonférence ou de la circonférence au centre? Ces deux dernières faces du problème ont donné lieu à deux solutions différentes. Suivant quelques anatomistes, le développement serait centrifuge ou divergent; suivant quelques autres, il serait centripète ou convergent. L'observation complète des faits peut seule nous conduire à la vraie solution.

Il est inutile de réfuter aujourd'hui l'idée d'un *développement centrifuge*. Nous ne rappellerons donc pas l'opinion de Galien (4), à peu près renouvelée par

(1) *Mémoires d'anatomie et de physiologie comparée*, p. 23. Paris, 1844.

(2) *Mémoire sur les substitutions organiques*. Paris, 1847. — Voy. *Gazette médicale de Paris*, 1847.

(3) Voyez ci-dessus, p. 157.

(4) Galien avait même d'abord limité au foie le point de départ de toutes les formations organiques.

Fabrice d'Aquapendente d'après qui le point de départ de toutes les formations organiques serait le système osseux, et notamment le rachis ou la carène de l'animal ; ni celle de Harvey et de Haller, admettant, d'après Aristote, que le cœur est l'origine du développement de tous les autres organes ; ni celle de Malpighi, présentant le système nerveux comme le précurseur et le générateur de toutes les autres parties, etc. L'exposition fidèle et suffisamment détaillée que nous avons donnée précédemment du développement de l'embryon, suffirait pour faire juger la valeur de cette première hypothèse, si les partisans de l'opinion opposée ne s'étaient pas chargés déjà de la réfuter de tous points.

L'hypothèse du *développement centripète* est soutenue par Serres (1), qui la proclame comme un principe absolu, dominant toutes les autres lois du développement embryonnaire, et se rattachant, par les plus étroits liens, au système de l'épigénèse, à la vraie théorie de la génération. D'après cet anatomiste, le système du développement centripète découlerait, comme conséquence, d'une série de principes auxquels il donne le nom de lois, et qui seraient la généralisation de toutes les séries de faits organogéniques.

Tels sont les principes de *fractionnement des organismes* et d'*association* ou d'*homœozygie* de ces mêmes organismes, mots qui expriment tout simplement que la création des divers appareils se fait par parcelles, dans divers points du champ germinateur, et que ces parcelles doivent se rencontrer, se réunir, s'associer, pour former l'ensemble de ces mêmes appareils. Tels sont les principes de *symétrie* ou de *dualité* des organismes, et de *conjugaison* ou retour de ce dualisme à l'unité, principes qui dérivent des deux précédents et n'en sont que des formes appropriées, pour ainsi dire, au développement des vertébrés.

Les lois de *formation des organes impairs*, des *ouvertures*, des *cavités*, des *canaux*, ne sont elles-mêmes que les expressions particulières de quelques faits rentrant dans l'ensemble de ces principes généraux.

Comme une dépendance de la loi de formation centripète, Serres (2) présente encore le principe d'*équilibration des organismes*, en vertu duquel l'excès primitif de développement du feuillet séreux serait balancé par l'hypertrophie du feuillet vasculaire, qui le serait à son tour par celle du feuillet muqueux et de ses dépendances : ce principe s'appliquerait aux diverses parties d'un même appareil et d'un même organe, comme aux trois feuillets du blastoderme.

Faut-il combattre un à un tous ces principes, et prouver que, s'ils ne sont pas précisément faux, ils manquent au moins du caractère de généralité qu'on leur attribue ? Le souvenir de tous les faits organogéniques, de l'ordre dans lequel ils se manifestent, enfin du but physiologique des différentes formations subordonnées aux diverses fonctions qui doivent s'accomplir dans le fœtus, suivant la mutabilité de ses conditions d'existence, suffit sans doute pour démontrer le peu de fondement de la plupart d'entre eux.

Pour relever seulement quelques unes des erreurs sur lesquelles on a cherché à les établir, nous ferons observer qu'on n'a jamais vu la dualité des prétendus sacs germinateurs, pas plus que celle de la corde dorsale, du cœur, de l'intestin, etc.

Dire que les organismes naissent par fractionnement, ce n'est pas non plus

(1) *Ouv. cit.*, p. 61.
(2) *Ouv. cit.*, p. 224.

exprimer en réalité leur vrai mode de formation : tantôt, en effet, les diverses parties d'un même appareil naissent ici ou là, les unes précédant les autres, pour se réunir plus tard ; tantôt elles semblent naître partout à la fois, sans qu'on puisse distinguer aucune antériorité de formation. Cette antériorité de formation, lorsqu'elle existe, ne suit d'ailleurs aucune règle fixe : elle porte ou sur les parties centrales, ou sur les parties périphériques. Enfin, comme nous l'avons exprimé déjà en plusieurs endroits, notamment à l'occasion de l'appareil nerveux (1) et de l'appareil vasculaire (2), chaque partie d'un même système naît dans le point même où elle doit se développer et atteindre son complément organique, et elle se trouve tout en rapport avec les autres parties, sans présenter aucun phénomène de divergence ou de convergence vers quelqu'une de ces dernières.

Poser la loi de symétrie, c'est exprimer simplement un fait, dont la constatation dépend de la nature même des êtres sur lesquels porte l'observation. Tous les vertébrés étant symétriques par rapport à un plan médian, leur développement ne peut avoir d'autre but, à cet égard, que d'arriver à la réalisation de cette forme symétrique.

Enfin la loi d'équilibration ne peut invoquer aucune preuve en sa faveur : il s'en faut bien qu'on observe la succession de prédominance dans les formations des feuillets séreux, vasculaire, muqueux, ainsi que Serres l'exprime. On ne peut reconnaître davantage une prépondérance anatomique dans telle partie d'un appareil, ayant pour but de balancer la prépondérance de telle autre partie. On observe seulement une succession d'appareils ou d'organes en rapport avec la succession des fonctions qui doivent s'accomplir dans les diverses phases de l'évolution embryonnaire.

Les lois de formation des organes impairs, des cavités, des ouvertures, des canaux, n'offrent pas un caractère plus absolu.

On en peut dire autant de celle de l'*antériorité de tel ou tel système organique ;* par exemple, de l'antériorité du système nerveux admise par les uns, ou de celle du système vasculaire admise par les autres. Si certaines parties d'un système se développent avant celles d'un autre système, il en est aussi qui se développent après, et les premières formées ne paraissent avoir aucune influence organogénique sur la formation des autres parties, soit du même appareil, soit d'appareils différents.

Nous devons donc refuser à ces principes, exprimant seulement un nombre plus ou moins grand de faits particuliers, la dénomination de lois, qui tendrait à leur faire attribuer une extension, sinon absolue, du moins très générale.

S'il est une loi générale de formation, relativement à la succession de développement des diverses parties, s'il est une conclusion de laquelle on ne puisse méconnaître la justesse, c'est que l'*unité de plan préside toujours et partout à la grande diversité des phénomènes organogéniques.*

Tous les appareils, tous les tissus, tous les organes se forment du blastoderme ou des sucs qui le pénètrent, dans le point même où ils doivent servir à l'accomplissement des fonctions transitoires de l'embryon, ou des fonctions permanentes de l'animal parfait. Aucune de ces parties ne semble provenir d'une autre, elles

(1) Voy. ci-dessus, p. 195.
(2) Voy. p. 221.

paraissent, pour ainsi dire, indépendantes; mais elles tendent en réalité vers un but commun, et l'on ne tarde pas à les voir se raccorder entre elles, suivant les fins d'une sorte de prévision ordonnatrice aussi admirable que mystérieuse.

Théories de la génération.

Si le positivisme de nos connaissances actuelles sur la formation du fœtus nous a permis d'apprécier, en peu de mots, la valeur des idées qu'on a émises comme principes généraux du développement organique, il nous permettra de juger, plus facilement encore, les théories sur la génération. Aussi, après l'exposition que nous avons faite des éléments de la reproduction dans les deux sexes, du résultat de leur union intime, de la formation du nouvel être et de son développement, il nous restera peu de choses à dire sur ces nombreux systèmes que l'ignorance enfanta, à toutes les époques scientifiques, touchant l'essence même de la reproduction.

Toujours mystérieuse et toujours attrayante, la question de la génération fut tranchée en des sens différents, suivant que telle ou telle découverte vint à élucider quelqu'un de ses divers actes. Mais tant d'hypothèses qui furent faites, loin de servir la science, n'eurent pour résultat que d'embarrasser sa marche et de reculer le terme où la vérité pourrait être enfin reconnue. Il serait oiseux de les rapporter toutes, ou même seulement les principales; car, à la fin du XVIIIe siècle, leur nombre ne s'élevait pas à moins de trois cents. Nous nous contenterons de démontrer qu'elles se rattachent toutes, pour le fond, à deux systèmes essentiels, et de dire comment on pourrait croire raisonnablement à l'un ou à l'autre.

Quant à la théorie que l'époque actuelle permet seule d'admettre, nous n'aurons pas besoin d'en donner la démonstration. Cette démonstration se trouve à toutes les pages de l'histoire que nous avons écrite; elle ressort, comme une conséquence immédiate, de tous les faits embryologiques précédemment exposés. Si l'on se rappelle les principaux traits de l'esquisse, tracée plus haut, de la reproduction chez les différents animaux, des divers modes par lesquels leurs espèces se perpétuent, de la formation de l'œuf et du sperme chez les êtres supérieurs et notamment dans l'espèce humaine, de la nature de ces deux éléments, de l'époque et du lieu de leur rencontre, de la manière dont ils s'unissent, des premiers changements qui se manifestent dans l'œuf fécondé, et du développement des divers systèmes organiques, on aura sous les yeux toutes les preuves de la seule opinion qu'il soit possible d'avoir aujourd'hui sur la génération.

La question, qui a toujours dominé l'étude du développement de l'embryon et, par suite, la théorie de la génération, est celle de savoir si les organes des animaux préexistent à leur développement, ou s'ils se forment de toutes pièces et naissent de la matière organisable amorphe; si la production d'êtres nouveaux n'est qu'un accroissement de leurs germes eux-mêmes qui grandissent et se développent, ou si elle est une sorte de création indéfiniment et continuellement renouvelée. De là les hypothèses opposées de la préexistence et de l'épigénèse, auxquelles on peut rattacher toutes les autres.

I. Le système de *la préexistence et de l'évolution* des germes a revêtu plusieurs formes : il s'est modifié et, pour ainsi dire, localisé suivant la manière de voir des physiologistes qui l'ont adopté. Ou le fœtus préexiste en matière et en forme, et la

fécondation le détermine seulement à se développer ; de là l'hypothèse de la préformation ou préexistence proprement dite, dans laquelle le germe est supposé être la miniature même de l'individu futur et produire ce dernier en s'agrandissant dans tous les sens : ou bien il n'existe qu'en matière, le travail de la fécondation et du développement sert à lui faire acquérir la forme ; c'est une simple métamorphose. Ajoutons que la plupart de ceux qui ont admis la préexistence ont dû la limiter à l'un des êtres procréateurs ; car, si le germe n'était pas déjà tout formé dans le mâle ou dans la femelle, sa formation devrait résulter de la fusion des éléments reproducteurs de l'un et de l'autre, elle serait une conséquence de la fécondation, une création nouvelle postérieure à l'accomplissement de cet acte, en un mot, le contraire d'une préexistence. Les partisans des préexistences ont donc généralement supposé que le germe était tout formé dans un seul sexe, et que l'élément générateur de l'autre sexe était tout simplement une sorte de nourriture, nécessaire pour en favoriser le développement. Les uns (*ovistes*) ont placé dans l'œuf le véritable germe ou animal préformé ; les autres (*spermatistes*) l'ont admis dans le sperme. Enfin, la préexistence a été considérée comme datant de la création même de l'espèce (syngénèse à laquelle se rapporte le système de l'emboîtement), ou comme antérieure seulement à la fécondation (épigénèse, mot que nous verrons plus tard avoir une signification plus étendue et qui a été détourné de son sens primitif).

La *préformation*, ou *préexistence proprement dite*, suppose que la formation du nouvel être est antérieure à tout acte reproducteur. Cette hypothèse est inadmissible ; car, loin de trouver dans l'œuf ou dans le sperme un individu préformé, nous avons vu le jeune embryon naître de la combinaison de ces deux éléments, chacune de ses parties se former peu à peu, et successivement, aux dépens de la matière organisable amorphe résultant de cette combinaison ou de l'absorption des liquides environnants. Nous aurons d'ailleurs à revenir bientôt sur ce fait avec plus de précision, en disant quelques mots des systèmes particuliers des ovistes et des spermatistes.

Néanmoins, l'erreur précédente fut si enracinée, que Fabrice d'Aquapendente, Malpighi, Haller, eux-mêmes, tout en décrivant l'apparition des divers appareils embryonnaires dans l'œuf de la poule, n'en admirent pas moins la préexistence du poulet : aussi furent-ils obligés de supposer l'embryon assez petit, ténu et transparent pour échapper complétement à l'observation. Si l'on en découvre les divers organes peu à peu, cela tient, disent-ils, à ce qu'à mesure qu'ils grossissent ces organes deviennent plus consistants, plus opaques. Mais tous ces organes existent depuis longtemps, l'individu entier est préformé ; seulement il est infiniment petit, et, pour ainsi dire, enveloppé : le développement embryologique n'est au fond que l'agrandissement, le déploiement, le déplissement du fœtus préexistant et de ses enveloppes ; il est, en un mot, non une création, mais une simple *évolution*.

Pendant que ce système jouissait de la plus grande faveur, les remarquables expériences de Trembley vinrent démontrer l'existence, dans l'organisme, d'une nouvelle et admirable faculté : celle de reproduire, de régénérer une partie de lui-même. Tous les faits organogéniques que nous connaissons aujourd'hui fussent-ils ignorés, comment faire accorder l'idée des préexistences avec l'observation des régénérations ? Si l'on refuse à un animal la puissance d'en créer un autre, et si l'on suppose que celui-ci ne saurait exister sans avoir été préformé, créé d'avance et dès l'origine même de l'espèce, comment concevoir que, privé de quelqu'un de

ses organes, il puisse le reproduire, comme nous l'avons déjà vu (1), et le reproduire, non seulement une première fois, mais à plusieurs reprises, et, dans certaines espèces, d'une manière presque indéfinie?

Il fallait de toute nécessité abandonner la préexistence ou nier la régénération ; aussi n'a-t-on pas hésité à nier cette dernière, en tant que génération ou création nouvelle. Au lieu de voir, dans ce phénomène, la preuve d'une force de reproduction partielle, intermédiaire, pour ainsi dire, à la faculté de nutrition ou d'assimilation, et à la puissance de reproduction totale ou de génération d'un individu, Bonnet et Haller (2) ont été jusqu'à le considérer, à son tour, comme un développement, une évolution de parties qui devaient être elles-mêmes préexistantes. Ainsi, ils ont supposé l'existence de germes disséminés à l'infini dans le corps : si les organes subsistants viennent à être détruits, les germes latents acquièrent plus de nourriture, croissent et les remplacent. Mais où placera-t-on ces germes? quel nombre en admettra-t-on? De combien d'espèces faudra-t-il en supposer? Si l'on coupe la main d'une salamandre, elle se reproduit, il y a donc un germe de main ; si l'on coupe son avant-bras, tout son membre supérieur, ils se reproduisent aussi, il y a donc un germe d'avant-bras, un germe de bras, un germe de membre supérieur. Si l'on coupe le membre déjà reproduit, il se reproduit une seconde fois, il en est de même une troisième, une quatrième et même un nombre indéfini de fois; faudra-t-il donc supposer deux germes, trois germes, un nombre infini de germes pour la même partie? On comprend à peine que le système des préexistences ait pu tenir contre de pareils faits ; et pourtant ceux-là même qui les observaient, sans en excepter Spallanzani, en étaient les premiers défenseurs.

Le système des *métamorphoses*, la seconde forme générale sous laquelle a été présentée l'idée des préexistences, soutenu dans l'antiquité par Héraclite (3), et dans les temps modernes par Cl. Perrault (4), a été surtout développé par Buffon.

Suivant ce dernier, dont nous avons eu déjà occasion de faire connaître l'hypothèse en parlant des générations spontanées (5), il existe une matière particulière de laquelle tous les êtres vivants tirent leur nourriture (molécules organiques). Dès que l'organisme est arrivé à maturité par la nutrition, il se sépare de tous les organes et de toutes les parties de chaque organe (moules intérieurs) des molécules organiques qui leur ressemblent et qui en sont des modèles en petit. Si ces molécules arrivent dans une partie d'où elles ne puissent plus sortir, elles prennent la forme d'entozoaires; de même que, si elles se trouvent hors du corps, dans des circonstances favorables, sous l'influence de la putréfaction, etc., elles produisent des infusoires (génération spontanée). Chez les animaux dépourvus de sexes, ces mêmes molécules produisent de nouveaux individus dans toutes les parties du corps indistinctement ; mais, chez ceux qui ont des sexes, elles se rendent dans l'ovaire et le testicule : pendant l'accouplement, les molécules du mâle et de la femelle se mêlent ensemble, puis elles s'unissent d'après les lois de la même affinité qui règne entre les organes d'où elles proviennent.

(1) Voy. p. 27.
(2) *Elementa physiologiæ*, t. VIII, p. 171.
(3) BURDACH, *Physiol.*, t. II, p. 295, trad. de Jourdan.
(4) *Essais de physique*, t. III, p. 180. Amsterdam, 1727.
(5) Voy. p. 6.

Needham (1), Bonnet (2), (bien qu'à un autre point de vue le premier fut épigénésiste et le second partisan de l'ovisme et de l'emboîtement), admettaient aussi ces idées de panspermie, de mouvements des molécules indestructibles, et de métamorphose. Les hypothèses de Tréviranus (3), Wrisberg (4), Oken (5), Walther (6), étaient semblables par le fond, quoique différentes par la forme.

On n'a jamais pu donner une démonstration satisfaisante d'un système qui n'est, comme on le voit, qu'une supposition sans fondement. D'ailleurs, ce système lui-même n'est pas la solution du problème : supposer les germes répandus partout et ne formant ou déformant les corps que par leur association, leur disjonction, leur transformation, ou leur passage à travers les organismes formés, ce n'est pas plus résoudre la question que d'admettre les germes de chaque espèce créés d'avance, et contenus tous ensemble dans le premier individu de l'espèce. La force de transformation, de passage, de mouvement, de jonction, d'association de ces molécules est aussi difficile à comprendre que celle d'évolution ; et l'une et l'autre ne sont pas plus simples à admettre que la force de reproduction, de génération, de création en un mot.

Le propre de la nutrition est d'assimiler la matière inorganique et d'en faire de la matière organisée, de créer celle-ci de celle-là : or, la reproduction des parties, la génération d'individus nouveaux, ne sont que deux modes du même phénomène. On ne peut ni les en séparer, ni les expliquer autrement. Ils dépendent d'une puissance de création identique, continue, persistant avec les formes et les conditions organiques.

Mais, avons-nous dit, ceux qui admettent la préexistence soit par préformation, soit par métamorphose, les premiers surtout, ont été conduits invinciblement à localiser, en quelque sorte, cette préexistence, pour les êtres supérieurs, c'est-à-dire à en placer l'objet dans l'un ou dans l'autre sexe. De là deux formes nouvelles d'un système unique dans le principe : l'ovisme et le spermatisme, issus l'un et l'autre, nous l'avons déjà prouvé (7), du hasard des découvertes auxquelles devait les rattacher une contingence inévitable.

Dans le nombre des *ovistes*, il faut compter principalement Swammerdam, Malpighi, Vallisnieri, Haller, Spallanzani et Bonnet, attachés à ce système purement hypothétique, malgré les admirables travaux d'observation qui auraient dû les conduire tous à des conclusions bien différentes. Haller (8) ne pouvait pas trouver de meilleures raisons à l'appui de son opinion que d'admettre que l'œuf entier est une partie du corps de la mère, et que, les animaux formant une chaîne non interrompue depuis le polype jusqu'à l'homme, si le polype se développe directement de la substance d'un seul autre polype, il ne peut en être différemment pour l'homme ; c'est-à-dire que ce dernier doit se développer directement et uniquement sur sa mère. Ne pouvant concilier avec cette première supposition les ressemblances du

(1) *Observations nouvelles sur la génération, la composition et la décomposition des substances animales et végétales*. Obs. adressées à Folkes, président de la Soc. roy. de Londres. Paris, 1748.
(2) *Considérations sur les corps organisés*, § 4, 62, 63, 90.
(3) *Biologie*, t. II, p. 403.
(4) *Obs. de animal. infus.*, p. 90.
(5) *Die Zeugung*, p. 92.
(6) *Physiologie des Menschen*, p. 614.
(7) Voyez ci-dessus, p. 65.
(8) *Elementa physiologiæ*, t. VIII, p. 93.

fils avec le père, non seulement dans la génération ordinaire, mais dans la production des hybrides et des mulets, le même physiologiste (1) était forcé de soutenir cette hypothèse par une autre. Il admettait donc, avec Bonnet (2), que le sperme est une nourriture, et qu'à ce titre il n'est pas sans importance ; car sa nature peut introduire des modifications considérables dans le développement du petit être qui est censé préexister dans l'ovaire.

Nous savons aujourd'hui si, comme le croyaient Swammerdam (3) et Spallanzani (4), la tache noirâtre de l'œuf de grenouille non fécondé est véritablement l'embryon. Comment donc Malpighi (5), Croone (6) et tant d'autres, tout en esquissant les premiers linéaments du poulet, pouvaient-ils méconnaître l'époque de ces formations et admettre, contre le témoignage de leurs sens, la préexistence dans l'œuf de ce petit être à la création duquel ils assistaient ?

Pour les *spermatistes*, parmi lesquels nous devons signaler Mohrenheim (7), Darwin (8) et généralement tous ceux qui s'occupèrent, avant notre époque, des spermatozoïdes (9), tels que Leeuwenhoek, Hartsœker, L. Hamm, Boerhaave, Keil, Cheyne, Ch. Wolff, Lieutaud, Gautier, Andry, les mêmes objections se présentaient, notamment celle de la ressemblance du fruit avec sa mère.

Là ne se bornaient pas les hypothèses issues de la préexistence. Quel que soit le lieu d'où l'on fasse provenir l'individu nouveau, de l'œuf, ou de la semence, ou de tous les deux à la fois, si l'on admet sa préformation, il faut bien supposer aussi qu'il était contenu non seulement dans les parents, mais dans les parents des parents, et l'on arrive ainsi de toute nécessité au système de l'emboîtement. En effet, si les germes de tous les êtres ont été créés simultanément, c'est-à-dire par *syngénèse* (expression opposée à celle d'épigénèse), on ne peut faire à leur sujet que deux hypothèses se rapportant elles-mêmes directement à celles des métamorphoses et de l'évolution. La syngénèse suppose-t-elle le mouvement des germes, leur entrée et leur sortie des corps, en un mot la métempsycose matérielle, s'il est permis d'accoupler ces deux mots, elle conduit à la *métamorphose*, à la *dissémination des germes*, à la *panspermie* (Buffon). Sinon, elle entraîne l'hypothèse de l'inclusion des germes les uns dans les autres, depuis le premier homme créé jusqu'aux derniers de ceux qui doivent disparaître de la terre, en un mot le système de l'*emboîtement* (*involutio*, par opposition à *evolutio*).

S'il est inutile de combattre la panspermie et les idées déjà citées de Buffon sur la dissémination des germes, les moules intérieurs, la génération des infusoires et celle des autres animaux, il l'est presque autant de réfuter le système de l'emboîtement. Suivant que les idées d'ovisme ou de spermatisme ont prévalu dans la science (10), la première femme ou le premier homme aurait dû porter, l'une dans ses ovaires ou l'autre dans ses testicules, les germes innombrables de l'espèce humaine

(1) *Ouv. cit.*, t. VIII, p. 175.
(2) *Consid. sur les etres org.*, § 66, 34.
(3) *Prodr. gener.*, p. 21. — *Hist. gen. insect.*, p. 46.
(4) *Exp. pour servir à l'hist. de la genér.*
(5) *Dissert. epist. de form. pulli in ovo.* p. 2. London, 1673.
(6) Dans Birch, t. III, p. 36.
(7) *Dissert. sistens novam conceptionis historiam*, p. 12.
(8) *Zoonomie*, t. II, p. 276.
(9) Voy. p. 117. — Voy. aussi Haller. *Elem. physiol.*, t. VII, p. 537; t. VIII, p. 54 et suiv.
(10) Voir ci-dessus, p. 6[illegible].

tout entière. Si cette opinion n'avait été, encore vers la fin du siècle dernier, soutenue par Bonnet et admise même par Haller (1), elle ne mériterait seulement pas d'être mentionnée. L'expérience ne l'aurait jamais créée, car elle est aussi contraire aux données de l'expérience qu'aux résultats de l'observation. Elle dériva donc de la philosophie, et l'on peut dire que Bonnet l'emprunta à Leibnitz. En effet, d'après Leibnitz, hors l'intervention toute-puissante du Créateur, rien ne commence, rien ne finit; dans l'ordre naturel des choses, il n'y a point de génération, de même qu'il n'y a point de mort : l'être que nous croyons voir se former sous nos yeux était seulement invisible; quand nous disons qu'il naît, il ne fait que se développer; tous les êtres existent et préexistent, tous datent d'une même époque, à laquelle le premier être formé contenait en soi tous les germes de son espèce emboîtés les uns dans les autres : tous les hommes actuels ont été dans leurs ancêtres jusqu'à Adam.

Tout en rejetant les hypothèses de l'évolution et de l'emboîtement, c'est-à-dire de la préexistence des êtres à un état plus ou moins parfait dans le corps de leurs parents, on peut supposer que la matière du germe soit préformée, mais que cette matière ait besoin de subir, au lieu d'un simple accroissement, une véritable élaboration pour atteindre le terme d'une organisation nouvelle. Tel est, à proprement parler, le système de l'*épigénèse*, dont les principaux fondateurs sont Needham, Wolff et Blumenbach.

Dans ce système, on admet qu'au lieu de se développer en grandissant, ou de dériver de quelqu'une des parties principales et préexistantes d'un embryon en miniature, toutes les portions des divers appareils et des divers organes se produisent, se développent d'elles-mêmes dans la matière amorphe organisable, se raccordent entre elles, et constituent enfin l'individu nouveau. Mais, comme l'état actuel de la science ne permet plus de méconnaître que le germe est réellement une production de l'individu sur lequel il se développe ; que, chez les animaux doués de sexes, il n'est véritablement constitué qu'après la fécondation, le système de l'épigénèse s'associe naturellement à celui de la postformation, avec lequel on l'a même quelquefois confondu, et cette association constitue, on peut le dire, la vraie théorie de la génération.

II. Le système de la *postformation du germe et de l'épigénèse* suppose donc que le germe résulte, chez l'homme, de la fusion préalable de l'élément mâle et de l'élément femelle, que la matière organique ainsi constituée est seule propre à devenir le siége du travail de développement embryonnaire, et que ce développement lui-même, sans procéder d'une partie plutôt que d'une autre, s'exerce sur la matière organisable, de manière à les former toutes simultanément ou successivement, la diversité infinie des phénomènes étant d'ailleurs subordonnée toujours à une admirable unité de plan.

Ainsi que nous l'avons déjà vu en parlant de l'œuf et du sperme, on ne peut pas dire que tel système ou appareil embryonnaire soit produit par l'un ou par l'autre de ces éléments ; que, par exemple, le spermatozoïde forme le système nerveux et animal du nouvel être, tandis que l'élément femelle formerait son système digestif ou organique. Il y a entre l'œuf et le sperme une fusion beaucoup plus intime, et dont le caractère nous est, à vrai dire, inconnu. Mais, ce que l'on voit indubita-

(1) *Ouv. cit.*, t. VIII, p. 157.

blement, c'est la création, en quelque sorte indépendante, des divers organes aux dépens du fonds commun de matière organisable qui résulte de cette union. Ces organes sont, dans le principe, tout différents de ce qu'ils seront plus tard : il en est qui, après avoir accompli certaines fonctions, disparaîtront sans retour pour faire place à d'autres, et amener le germe, de progrès en progrès, à l'état d'embryon, de fœtus, d'animal parfait.

Wolff (1) fut, à proprement parler, le créateur de l'épigénèse, en affirmant qu'il voyait les organes se créer, les vaisseaux se former, les parties solides enfin naître petit à petit du liquide organisable. Les travaux de tous les embryologistes de notre époque confirmèrent et étendirent considérablement ces observations, que Serres (2) s'est efforcé de rapprocher pour établir la vérité du système de l'épigénèse et l'opposer à celui des préexistences. Seulement, il importe peu à la valeur de ce système que la direction du développement embryonnaire soit centripète, comme Serres l'a soutenu, au lieu d'être centrifuge ; et nous avons vu qu'elle n'est en réalité ni l'un ni l'autre.

Quant à l'*essence de la génération*, elle nous est sans doute inconnue, mais inconnue au même titre que celle de la nutrition, dont la reproduction partielle et la procréation ne sont, pour ainsi dire, que des dérivations ou des modes plus élevés. La force qui reproduit un être organisé n'est pas plus mystérieuse que celle qui entretient sa vie. Elle détermine, à elle seule et dans le même but, les phénomènes nutritifs et les phénomènes générateurs. La *force essentielle* de Wolff (3) n'explique rien de plus.

Faut-il, avec le même physiologiste (4), regarder la fleur comme une feuille modifiée, incomplète, dont la formation se rattache au défaut de sucs qui cessent d'affluer à l'extrémité terminale de la plante, et le pollen comme une substance nutritive portée au plus haut point de perfection, arrivant du dehors à la partie susceptible de végéter et déterminant en elle le retour de la végétation, de même que le sol dans lequel est déposé un bourgeon détermine la végétation de celui-ci ? Faut-il, toujours avec Wolff, poursuivre l'analogie et voir dans l'ovaire le point où la végétation s'arrête, une sorte de bourgeon terminal dont le développement a été suspendu, et qui n'attend que l'influence de la fécondation pour recommencer à croître de nouveau, lorsque le sperme y aura remis la nutrition en vigueur ?

Mais, au lieu d'être des produits incomplets, les éléments reproducteurs paraissent être au contraire des formations d'un ordre plus élevé ; au lieu d'être le terme de la végétation des individus sur lesquels ils se développent, ils sont plutôt le point de départ d'une végétation nouvelle, plus active, capables non seulement de vivre, mais de s'individualiser et de reproduire à eux seuls un nouveau tout, organisé et vivant. C'est bien moins des différences que des analogies qu'il faut voir entre le bourgeon et la fleur. Si le bourgeon suffit à la monogénie, il n'en est pas de même de la reproduction des animaux qui ont des sexes ; chez ces derniers, le bourgeon pourrait reproduire l'individu, comme il arrive chez les végétaux, mais non pas l'espèce. La fécondation a pour but la formation d'une sorte de bourgeon commun, qui participe des qualités du mâle et de la femelle ; car le mâle et la femelle, par les éléments qu'ils fournissent, prennent une part égale à sa constitution.

(1) *Theoria generationis*, p. 98 et suiv. Halle, 1774.
(2) *Précis d'anat. transcend.* Paris, 1842.
(3) *Ouv. cit.*, p. 98.
(4) *Ouv. cit.*, p. 55, 81, 135.

La génération est donc une continuation, un excès de la nutrition, mais en un sens déterminé, c'est-à-dire dirigé en vue de l'accroissement de l'espèce et non plus de l'individu.

La puissance qu'ont les animaux de se compléter, en reproduisant les organes qu'ils ont perdus, marque l'intermédiaire entre la faculté de conserver leur vie et celle de se reproduire en totalité. La vie, entretenue dans l'individu par la nutrition, semble se continuer dans l'espèce par un dérivé ou un mode particulier de la nutrition elle-même. En un mot, la reproduction est à l'espèce ce que la nutrition est à l'individu (1).

Tandis que cet excès de nutrition en un sens déterminé, dont le but est la rénovation de l'individu, peut s'opérer sur la plus grande partie de la surface du corps, chez les êtres inférieurs, il se localise dans quelque point déterminé chez les animaux d'un rang plus élevé et d'une organisation moins imparfaite. Enfin, chez les êtres supérieurs, les éléments propres à assurer la continuation de la vie de l'espèce, de concert avec l'indépendance du germe, ne sont pas seulement localisés, ils sont encore portés par deux individus distincts, sont doués probablement de propriétés différentes, et demandent à être joints pour se compléter. Le but principal de cette division du travail reproducteur, dans la génération par le concours des sexes, paraît être, comme le fait remarquer J. Müller (2), d'élever le produit au-dessus des limites de l'individu, pour le faire arriver à celles du genre et de l'espèce.

DE L'ACCOUCHEMENT (3).

La viabilité, ou l'aptitude à vivre de la vie indépendante, n'est acquise par le fœtus humain qu'au septième mois révolu de la gestation. Quelques faits, néanmoins, semblent prouver que, né même avant cette époque, l'enfant peut croître et se développer; mais ces cas sont tellement rares, qu'en les supposant tous bien constatés, on ne pourrait rien en conclure en présence des cas si nombreux dans lesquels la terminaison de la grossesse, avant le deux cent dixième jour, a été accompagnée ou suivie plus ou moins promptement de la mort du produit. Avant cette dernière époque, l'expulsion de l'enfant est un fait pathologique, dont le médecin doit étudier avec le plus grand soin les causes et les fâcheux effets, mais que le physiologiste ne saurait confondre avec l'acte spontané par lequel le fœtus, suffisamment développé, est séparé de l'organisme maternel. Cette confusion, on peut l'éviter en définissant l'accouchement « l'expulsion d'un *enfant viable* à travers les parties naturelles de la génération » ; laissant ainsi à la pathologie puerpérale le soin de s'occuper de l'avortement, ou de l'expulsion du fœtus avant le septième mois.

C'est ordinairement à la fin du neuvième mois de la grossesse que s'opère l'expulsion du fœtus viable. Toutefois il n'est pas rare de voir l'enfant naître beaucoup plus tôt; celui-ci semble également pouvoir prolonger son séjour dans la matrice au delà du trois centième jour. Ces variations dans le terme de la grossesse ont fait donner à l'accouchement des dénominations différentes : on le nomme accouchement *à terme*, *légitime* ou *tempestif*, quand il s'opère huit jours avant ou huit

(1) LALLEMAND, *Annales des sc. nat.*, t. XV, p. 307, 2e série.
(2) *Manuel de physiol.*, t. II, p. 638, trad. de Jourdan.
(3) Plus loin, à propos des âges, nous traiterons des particularités les plus importantes relatives à l'enfant immédiatement après la parturition.

jours après le neuvième mois révolu ; il s'appelle *prématuré* ou *précoce*, quand il arrive dans le huitième ou le commencement du neuvième ; enfin, il est dit *tardif* ou *retardé*, lorsqu'il ne s'accomplit qu'à neuf mois et demi, dix mois ou plus.

Si des faits très nombreux ne permettent pas de contester les accouchements prématurés, ceux à l'aide desquels on cherche à établir la possibilité des naissances tardives sont beaucoup plus rares, et surtout beaucoup moins à l'abri de toute objection. Il en est pourtant quelques uns qui paraissent présenter, en faveur de ces naissances, les éléments propres à commander la conviction. Au premier rang, il faut placer celui qui a été communiqué par Desormeaux (1). La naissance ne se serait opérée que du 300ᵉ au 305ᵉ jour, cinq fois sur 114 cas, d'après Merriman (2). Velpeau (3) cite un accouchement au 310ᵉ jour, et Riecke (4) dit en avoir observé un au bout de onze mois, etc. (5). Du reste, dans l'état actuel de la science, il est impossible d'expliquer ces anomalies, et la cause des naissances tardives est encore à trouver.

Quant aux accouchements prématurés, fréquemment aussi leur cause nous échappe. Certaines femmes, par exemple, ont le triste privilége d'accoucher avant terme, et le transmettent même à leurs filles, sans que, chez aucune d'elles, rien ne puisse expliquer cette singularité. Toutefois, ce phénomène s'observe ordinairement lorsque la mère n'a pas acquis toute sa force génératrice : ainsi les femmes, mariées trop jeunes, accouchent assez souvent prématurément dans leur première grossesse, tandis qu'elles arrivent à terme dans leurs grossesses subséquentes.

De l'accouchement à terme.

On a longtemps et vivement débattu la question de savoir si le fœtus est le promoteur des contractions utérines, ou si l'on doit chercher dans les modifications successives que la grossesse imprime à l'utérus la cause déterminante du travail ?

Les conditions particulières que présente cet organe à la fin du neuvième mois peuvent servir à expliquer les contractions dont il devient alors le siége. Contrairement, en effet, à l'opinion adoptée encore par beaucoup d'accoucheurs, Stolz a démontré que c'est seulement dans la dernière quinzaine que s'opère la dilatation de l'orifice interne. Alors seulement la partie supérieure du col commence à s'évaser, et, cet évasement gagnant bientôt jusqu'à l'orifice externe, toute la longueur du col utérin ne forme plus avec le corps qu'une seule et même cavité.

(1) *Dict. de méd. ou Rép. gén. des sc. méd.*, t. XIV, p. 437, 1836.

Une dame, mère de trois enfants, était restée dans un état de démence, à la suite d'une fièvre grave ; un médecin pensa qu'une nouvelle grossesse rétablirait peut-être ses facultés intellectuelles. Le mari consentit à noter exactement le jour de chaque union sexuelle, ce qui n'eut lieu que tous les trois mois, pour ne pas s'exposer à détruire une grossesse commençante. Dès qu'il y eut des signes de grossesse, il s'abstint de toute cohabitation. Or, cette dame, soigneusement veillée par des femmes à cause de sa maladie, n'accoucha qu'à neuf mois et demi.

(2) *Transact. méd. chir. de Londres*, t. XIII.

(3) *Traité de l'art des accouch.*, t. II, p. 5.

(4) *Beitræge zur geburtshüflichen*, p. 78.

(5) La possibilité des naissances tardives, chez quelques animaux supérieurs, a été mise hors de doute par les observations que Teissier a soumises, en 1817, à l'Académie des sciences. En voici le résultat : Sur 171 vaches, 14 ont donné leur veau du 241ᵉ jour au 266ᵉ ; 3, le 270ᵉ ; 50, du 270ᵉ u-280ᵉ ; 68, du 280ᵉ au 290ᵉ ; 5, le 308ᵉ : ce qui donne une différence de 67 jours dans les naissances entre les deux extrêmes. Sur 200 juments, 3 ont pouliné le 311ᵉ jour ; 1, le 314ᵉ ; 1, le 325ᵉ ; 1, le 326ᵉ ; 2, le 330ᵉ ; 47, du 340ᵉ au 350ᵉ ; 25, du 350ᵉ au 360ᵉ ; 21, du 360ᵉ au 377ᵉ, et 1 au 394ᵉ : il existe donc une différence de 83 jours entre les deux extrêmes.

Dès lors le segment inférieur de l'œuf vient peu à peu occuper toute la cavité du col, de manière à le mettre en contact presque immédiat avec les fibres les plus rapprochées de l'orifice externe. Or, c'est dans ce contact qu'il faut placer la cause déterminante du travail. L'espèce de sphincter, que représentent les fibres circulaires du col, peut être considéré, dans l'excrétion qui va s'accomplir, comme jouant le même rôle que les sphincters du rectum ou de la vessie : de même, en effet, que l'arrivée des matières fécales à la partie inférieure de l'intestin irrite celui-ci, sollicite la contraction des parois rectales, fait naître, en un mot, le besoin de la défécation, de même le contact inaccoutumé de l'œuf avec les fibres du col produit sur elles une excitation qui détermine bientôt la contraction des parois du réservoir utérin.

Dans ces derniers temps, on a cherché à établir que la cause déterminante du travail se trouvait dans l'ovaire, que l'accouchement normal correspondait toujours à la dixième époque menstruelle, et que, par une action réflexe, la congestion ovarienne provoquait d'abord une simple irritation, puis enfin de véritables contractions dans les parois utérines. On ne peut admettre cette hypothèse : en supposant démontré que l'ovaire offre encore pendant la grossesse les modifications menstruelles de l'état de vacuité, il n'en resterait pas moins à expliquer pourquoi c'est à la dixième, et non à la huitième ou à la onzième époque, que l'influence de l'action réflexe, partie de l'ovaire, est assez énergique pour solliciter dans l'utérus les contractions de l'accouchement.

Il suffit d'avoir porté, une seule fois, la main dans la matrice pour être convaincu que la contraction des parois utérines a la plus grande part dans l'expulsion du fœtus. On ne saurait admettre aujourd'hui que, semblable au poulet qui brise sa coquille à coups de bec, l'enfant déchire l'enveloppe membraneuse qui l'environne, et, par ses efforts répétés, dilate peu à peu les ouvertures et le canal qui doivent lui livrer passage. Les faits assez nombreux, dans lesquels des enfants ont été expulsés plusieurs heures après le décès de la mère, ne prouvent nullement qu'ils aient eux-mêmes travaillé à leur sortie ; car on ne cite aucun exemple d'enfant né vivant dans de semblables conditions. Leur expulsion, facilitée d'ailleurs par le défaut de résistance des parois molles du bassin, s'explique suffisamment par un reste de contractibilité que conservent, après la mort, les appareils de la vie organique.

Les contractions utérines seules suffiraient, à la rigueur, pour compléter l'accouchement, comme l'ont prouvé les parturitions spontanées chez des femmes dont les muscles abdominaux étaient paralysés : mais, dans l'immense majorité des cas, elles sont très efficacement secondées par la contraction simultanée des muscles qui limitent l'enceinte abdominale. Dans les derniers moments du travail surtout, la matrice semble appeler à son aide l'action de ces muscles ; et volontairement d'abord, puis instinctivement, et, pour ainsi dire, malgré elle, la femme joint aux efforts de l'utérus la contraction des muscles soumis à l'empire de la volonté. Cette action des muscles de la vie animale hâte singulièrement la terminaison du travail : mais, comme on vient de le voir, elle n'est pas indispensable. Il ne faut pas surtout croire, avec Haller, que le resserrement de l'utérus ne sert alors qu'à soutenir le tronc du fœtus, à le tenir droit comme une tige inflexible, pendant que le diaphragme contracté pèse avec force sur le fond de la matrice, et devient, avec les autres muscles abdominaux, l'unique agent de l'expulsion. On sait aujourd'hui que, dans l'*effort*, l'action du diaphragme a surtout pour but de fixer, d'une

manière solide, la base de la poitrine, de manière à fournir un point d'appui aux muscles qui y prennent leur insertion supérieure, et que la précédente coopération dans l'accouchement ne saurait être attribuée à cet agent musculaire.

La contraction utérine, chez la femme, s'accompagne presque toujours d'une douleur plus ou moins vive, et ce fait est si général, que, confondant la cause avec l'effet, on se sert indifféremment des mots *douleur* ou *contraction* pour désigner le même phénomène. Cette douleur, triste privilége de l'espèce humaine, n'existe pas, dit-on, chez les animaux, ou du moins ne s'observe qu'à un faible degré chez nos espèces domestiques : on prétend qu'il en est ainsi chez les femmes qui vivent à l'état sauvage.

Quoi qu'il en soit, l'intensité de la douleur étant, en général, proportionnelle à la violence des contractions, il est évident que l'une et l'autre augmenteront en raison des difficultés de la parturition. Or, sous ce rapport, l'humanité est bien mal partagée. Le bassin, en effet, n'offre, chez la plupart des mammifères, qu'un canal à peu près droit, ou du moins dont les courbures sacrée et coccygienne s'effacent facilement ; tandis que la longueur et la courbure invariable du sacrum donnent, à l'entrée et à la sortie du pelvis humain, une direction très différente et force le fœtus à décrire une courbe très prononcée. Enfin le volume de la tête, beaucoup plus considérable dans l'espèce humaine, ajoute encore aux difficultés qui résultent de la disposition du canal lui-même.

La contraction utérine, comme toute contraction musculaire, s'épuiserait par un trop long exercice : aussi se prolonge-t-elle rarement au delà de une à deux minutes; le plus souvent même elle cesse après vingt à trente secondes, pour se reproduire après un repos qui varie depuis quelques minutes jusqu'à un quart d'heure. L'action de l'utérus est donc intermittente, et, sous ce rapport, elle est soumise à la loi qui régit toute contraction musculaire.

C'est par ces alternatives d'activité et de repos que l'utérus parvient à se débarrasser du produit de la conception. Les efforts auxquels il se livre, et auxquels bientôt viennent se joindre ceux des muscles abdominaux, ne cessent qu'après l'expulsion complète du fœtus et de ses annexes, et constituent, dans leur ensemble, le *travail* de l'enfantement.

Quelle que soit la durée de ce travail, les auteurs, pour mettre de l'ordre dans la série des phénomènes qu'il présente, l'ont divisé en plusieurs périodes. Nous admettrons une première période, durant laquelle la nature semble préparer les voies, et qu'on a nommée *période de préparation* ou *de dilatation ;* une seconde, pendant laquelle tous les efforts utérins ont pour but de chasser à l'extérieur le fœtus et ses annexes : on la désigne sous le nom de *période d'expulsion.*

Première période. — L'espèce de lutte qui va s'établir entre la mère et l'enfant ne commence pas brusquement ; et, longtemps avant le moment que les praticiens considèrent comme le début du travail, la matrice essayait ses forces et se préparait peu à peu à la grande œuvre qu'elle doit accomplir.

Pendant les derniers jours, quelquefois même les dernières semaines de la grossesse, ont lieu les premières manifestations du travail. Les contractions qui s'exécutent alors passent le plus souvent inaperçues pour la femme ; mais on peut facilement reconnaître leur existence en constatant la dureté plus grande du globe utérin. Ces contractions sont d'abord séparées par plusieurs heures d'intervalle,

puis se rapprochent peu à peu, et commencent alors à devenir légèrement douloureuses. Elles sont le résultat, d'après Cazeaux, des modifications éprouvées par la partie supérieure du col dans la dernière quinzaine. Alors, en effet, l'anneau interne ramolli, se laisse dilater et se confond avec la moitié supérieure du col dans la cavité du corps : dès lors le segment inférieur de l'œuf s'engage dans cette portion évasée, et vient se mettre en contact avec les points voisins de l'orifice externe ; de ce contact résulte une stimulation de plus en plus vive, qui, en réagissant sur le corps, doit en déterminer les contractions.

Pendant que le col se ramollit et s'efface, le vagin, les parties génitales externes et le périnée acquièrent une plus grande extensibilité ; la sécrétion muqueuse vaginale, qui lubrifie toutes ces parties, est notablement augmentée ; il s'écoule quelquefois, dans les derniers jours, un mucus albumineux produit dans le col, et dont l'abondance est telle que, malgré sa consistance, on a pu le prendre pour du liquide amniotique.

Les ligaments articulaires du bassin subissent eux-mêmes un ramollissement assez marqué pour donner aux os pelviens une grande mobilité, et permettre parfois, entre les surfaces articulaires, un écartement considérable. Cet écartement ne se produit que par exception chez la femme, mais il est habituel chez certains mammifères dont le bassin est absolument trop étroit pour livrer passage au fœtus.

On voit donc que, longtemps avant le terme de la gestation, les organes subissent certaines préparations qui peuvent bien être en partie considérées comme les dernières modifications de la grossesse, mais dont quelques unes sont les premiers effets de la cause efficiente du travail.

Enfin, le terme de la gestation est arrivé. Ces contractions faibles et éloignées, qui signalaient les dernières semaines, deviennent tout à coup plus fortes, plus rapprochées, et leur durée, leur intensité et leur fréquence augmentent à mesure que le travail est plus près de se terminer. Les douleurs qu'elles produisent suivent toutes leurs variantes, et présentent aux divers moments du travail des différences qu'on a voulu exprimer par les dénominations de *mouches*, de *douleurs préparantes*, cherchant ainsi à caractériser, tantôt le but de la contraction, tantôt la nature de la douleur produite.

Pendant cette partie du travail, le visage se colore, la chaleur augmente, la langue se dessèche ; souvent il y a des nausées, des vomissements. La femme, n'ayant pas conscience du travail qui s'opère, pleure, se désespère, devient très irritable. Si, au moment du retour de la douleur, elle parlait, elle laisse sa phrase inachevée ; si elle se promenait, elle s'arrête tout à coup pour chercher un appui.

Chez les femelles d'animaux, les contractions utérines sont caractérisées par un air d'abattement et de tristesse, par le regard dirigé vers le ventre, un état de malaise anxieux qui les porte à changer de place à chaque instant. Presque toutes, elles s'éloignent des autres animaux et même de l'homme, pour chercher le repos et se mettre à l'abri de toute attaque.

Pendant la durée de ces phénomènes, si l'on examine les organes génitaux internes, on peut constater que peu à peu le col se dilate ; qu'à travers son orifice entr'ouvert s'engage une portion plus ou moins considérable de la poche amniotique, qu'il s'écoule par le vagin des mucosités plus abondantes et mélangées parfois d'une certaine quantité de sang.

La *dilatation du col* est le premier effet de la contraction, et il suffit, dit Desormeaux, pour en comprendre le mécanisme, de se rappeler que les parois de

la matrice sont appliquées sur un corps ovoïde, que les fibres longitudinales sont les plus nombreuses, qu'enfin les fibres circulaires du col peuvent seules opposer une résistance assez forte, mais qui s'affaiblit de plus en plus à mesure qu'elles s'éloignent du centre, en cédant à l'action des fibres longitudinales: si ces dernières entrent en contraction, il est évident que, ne pouvant rétrécir la cavité utérine qui se trouve remplie, toute leur action doit être employée à tirailler chacun des points du cercle de l'orifice auxquels elles viennent aboutir et à les éloigner du centre.

Cette dilatation est, du reste, plus lente chez les primipares que chez les multipares, et ses progrès sont beaucoup plus rapides à la fin que dans la première moitié du travail.

Pendant que le col se dilate, les membranes s'engagent dans son ouverture en formant du côté du vagin une tumeur plus ou moins saillante et dont la forme et les dimensions, en longueur et en largeur, varient beaucoup. Tantôt collée et aplatie sur la partie de l'enfant qui se présente, elle en est parfois séparée par une très grande quantité de liquide, et forme dans le vagin une large vessie qui, tendue pendant la contraction, devient flasque et plissée pendant l'intervalle des douleurs.

Seconde période. — Dès lors tout est préparé pour l'expulsion du fœtus, et les contractions utérines n'ont qu'un but: c'est de débarrasser l'organisme maternel du corps qui tend à lui devenir de plus en plus étranger. Le segment inférieur de l'œuf, fortement tendu pendant la contraction, finit par s'amincir, s'érailler, puis enfin se rompre. Cette rupture est immédiatement suivie de l'écoulement du liquide amniotique, écoulement dont la quantité varie suivant le volume primitif de la saillie formée par la poche des eaux, et suivant aussi la forme, le volume de la partie de l'enfant qui se présente. Dans les cas les plus ordinaires, le sommet de la tête venant s'engager dans l'orifice, bouche celui-ci assez hermétiquement pour retenir dans l'utérus la plus grande quantité des eaux; mais, lorsqu'une autre partie de l'enfant tend à s'engager la première, son volume, son irrégularité ne s'accommodent plus aussi bien aux dimensions et à la forme du cercle utérin, et le liquide trouve une issue facile par laquelle il s'échappe presque en totalité.

En supposant le fœtus placé dans la position la plus favorable, et heureusement la plus ordinaire, le sommet de la tête vient, immédiatement après la rupture des membranes, s'engager dans l'orifice, et bientôt s'avance en franchissant le cercle, poussé par les contractions énergiques de l'utérus aidé de celles des muscles abdominaux. La tête, dont le diamètre occipito-frontal, et quelquefois même le sous-occipito-bregmatique, est placé dans la direction d'un des diamètres obliques du bassin, descend profondément dans le vagin dont les rides transversales s'effacent. La hauteur, à laquelle la tête franchit le col, est loin d'être toujours la même, et le segment inférieur de la matrice étant souvent poussé par elle jusque sur le plancher du bassin, la tête ne le traverse qu'au moment de s'engager au détroit inférieur. Quoi qu'il en soit, les douleurs deviennent de plus en plus violentes; chacune d'elles est annoncée par un frémissement général, et s'accompagne d'efforts énergiques de la mère: on les appelle alors douleurs *expultrices*, pour caractériser à la fois les efforts dont elles s'accompagnent et le but que la nature se propose. La tête, placée obliquement, exécute un mouvement de rotation par lequel l'extrémité occipitale est portée derrière la symphyse des pubis, puis un nouvel effort expulseur la force à se dégager dans le vide de l'arcade sous-pubienne.

La tête, à chaque douleur, presse alors fortement sur le plancher du bassin : la compression que subit la partie inférieure du rectum détermine des envies illusoires d'aller à la selle, et si l'intestin renferme des matières fécales, les efforts auxquels se livre la femme en provoquent l'expulsion. Après une résistance plus ou moins grande, le périnée cède enfin, se laisse distendre, amincir et proémine fortement en avant; la vulve s'entr'ouvre peu à peu, les petites lèvres s'effacent, la peau des environs est tiraillée pour aider à l'ampliation de la vulve. C'est la tête qui, énergiquement poussée par les contractions que lui transmet la tige rachidienne, tend à franchir les dernières résistances du canal pelvien, et qui est la cause de l'énorme distension que subissent toutes ces parties. On la voit, en effet, exécutant un mouvement de déflexion autour du point sous-occipital placé au-dessous de la symphyse pubienne, se montrer d'abord à travers la vulve entr'ouverte, puis cédant, après la contraction, à la résistance périnéale, remonter dans l'excavation. Quand, enfin, ces efforts répétés ont vaincu la résistance des parties, celles-ci restent largement écartées, les bosses pariétales apparaissent au niveau des tubérosités de l'ischion, jusqu'à ce qu'enfin une douleur atroce, qui arrache des cris à la femme, complète le mouvement d'extension, en faisant successivement apparaître, au-devant de la commissure antérieure du périnée, le bregma, la fontanelle antérieure, le front et toute la face. Dans cette dernière partie du travail, on a désigné les douleurs sous le nom de *conquassantes*, mot assez barbare, mais qu'on a conservé probablement parce qu'il caractérise assez bien leur violence.

Aussitôt après son dégagement, la tête obéit à son propre poids, et retombe au-devant de l'anus. La matrice, épuisée par ces dernières contractions, semble se reposer quelques instants; mais bientôt après elle se réveille, et les épaules, placées d'abord transversalement au détroit inférieur, tournent de manière à se placer à peu près dans la direction coccy-pubienne, puis se dégagent l'une après l'autre. Après leur dégagement, le reste du tronc est facilement expulsé, en décrivant souvent sur son axe un mouvement de spirale.

Après l'expulsion du fœtus, la personne chargée de donner à la femme les soins convenables, coupe le cordon ombilical et applique une ligature sur son extrémité ombilicale. Chez les mammifères supérieurs, le cordon se rompt quelquefois par la chute du petit, lorsque la femelle accouche debout : si, au contraire, elle est couchée, la rupture se fait quand la femelle se lève, ce qui a lieu presque immédiatement après le part. Le plus souvent néanmoins la mère mâche et déchire elle-même le cordon. L'hémorrhagie, à laquelle s'oppose la ligature appliquée dans l'espèce humaine, est ainsi prévenue, chez les animaux, soit par l'espèce de trituration que la mastication fait subir aux vaisseaux, soit, dans le cas de rupture spontanée, par l'espèce de torsion que subissent les artères à la suite des plaies par arrachement. On sait d'ailleurs que la grande plasticité du sang des animaux facilite singulièrement l'arrêt des hémorrhagies.

Le fœtus est quelquefois, au moment de son expulsion, entouré de ses membranes. Ce fait, très rare chez la femme dans les accouchements à terme, se présente plus souvent chez quelques animaux. La femelle, en général, déchire et mange ces enveloppes; parfois pourtant, soit manque d'instinct, soit par quelque obstacle mécanique, elle laisse périr ses petits dans leurs membranes intactes (1).

(1) Les femelles des herbivores elles-mêmes ont une grande propension à manger leur arrière-faix aussitôt après son expulsion.

L'expulsion du placenta et de ses annexes suit de près la sortie du fœtus. Le plus souvent, dans l'espèce humaine, au bout de dix minutes, un quart d'heure, une heure au plus, cet organe, détaché par la rétraction graduelle des parois de l'utérus désempli, tombe par son propre poids et vient s'offrir à l'orifice supérieur de la matrice : de légères contractions utérines suffisent pour le pousser dans l'excavation, d'où le chassent bientôt les contractions des parois vaginales aidées de quelques efforts volontaires des muscles abdominaux.

Dans les animaux, la délivrance offre diverses particularités intéressantes. Chez la jument, c'est par des houppes vasculaires multipliées, mais très fines, qui vont du placenta s'insérer dans des enfoncements correspondants de l'utérus, que le premier adhère au second, et ces adhérences se rompent assez facilement. Dans les ruminants (la brebis, la vache, la chèvre, etc.), l'union des nombreux placentas se faisant avec l'utérus au moyen de cotylédons engaînés dans ceux de ce viscère, les adhérences sont solides et résistantes ; aussi l'expulsion de l'arrière-faix est le plus souvent longtemps à s'opérer : il est assez commun de le voir retenu pendant quatre, six et même huit jours. Chez les femelles multipares, chaque délivre suit la sortie du petit auquel il appartient : cela doit être ainsi, puisque les contractions de l'utérus qui expulsent ceux qui étaient placés au-dessus, poussent nécessairement le placenta et les membranes du petit placé en avant ; mais les délivres appartenant aux derniers-nés, n'étant pas chassés par d'autres fœtus, peuvent à la rigueur séjourner plus longtemps dans la cavité utérine.

La séparation du placenta est toujours accompagnée, chez la femme, d'un écoulement de sang plus ou moins abondant et qui, parfois, est assez considérable pour constituer une perte dangereuse. Cet accident est excessivement rare chez les animaux, et ne s'observe guère qu'après l'extraction violente du placenta ou après l'avortement ; d'ailleurs très modérée, même dans ces cas, l'hémorrhagie se suspend le plus ordinairement d'elle-même. « Je ne connais pas, dit Rainard (1), d'exemple de mort à la suite d'une pareille hémorrhagie. »

L'accouchement peut, chez la femme, être rendu difficile et même impossible par des obstacles mécaniques qui, dépendant d'un rétrécissement ou de l'obstruction des voies pelviennes, et parfois du volume excessif ou de la position défavorable du fœtus, s'opposent à la sortie de ce dernier. Des difficultés semblables peuvent aussi se présenter, quoique plus rarement, dans le part des animaux, et exigent, comme chez la femme, l'intervention intelligente de l'homme de l'art. Mais, n'ayant pour but d'envisager le part qu'au point de vue physiologique, nous devons renvoyer le lecteur aux traités spéciaux pour tout ce qui se rattache à la parturition laborieuse.

DE L'ALLAITEMENT.

Le jeune enfant, dont la nutrition (intra-utérine) offrait une solidarité si grande avec celle de sa mère, continue, pendant un certain temps, à emprunter les éléments de son alimentation à cette dernière. Le *lait*, c'est-à-dire le produit de la sécrétion mammaire, est la base essentielle, sinon exclusive, du mouvement nutritif si énergique qui s'opère dans les premiers mois de la vie. Cette sécrétion, qui avait

(1) *Traité complet de la parturition des principales femelles domestiques*, t. II, p. 18.

déjà commencé pendant la grossesse (1), prend un grand accroissement durant les premiers jours qui suivent la naissance, pour se prolonger jusqu'à l'époque où les organes de la mastication de l'enfant auront à peu près acquis le développement nécessaire à la digestion des aliments ordinaires : elle ne cesse le plus souvent que dans le courant de la seconde année.

Avant d'étudier spécialement la composition chimique du lait, composition si bien en rapport avec le rôle important que la nature a assigné à ce liquide, nous ferons connaître ses propriétés et sa constitution physiques.

Le lait est un liquide d'un blanc opalin, plus ou moins opaque ; sa saveur est douce, sucrée et fort agréable. Il réunit, dans sa composition, quatre ordres de substances : 1° une matière azotée, dissoute, que l'on a nommée *caséum*, et, dans ces derniers temps, *caséine ;* 2° des principes gras, tenus en suspension, d'*une nature spéciale ;* 3° une matière sucrée particulière ; 4° enfin, une quantité variable de sels inorganiques. Les rapports de ces divers éléments étant très variables dans les différents laits, il en résulte que les caractères tirés de la densité sont très fugaces : la pesanteur spécifique du lait varie, en effet, non seulement chez les divers animaux, mais encore chez ceux de la même espèce, suivant une foule de conditions qui dépendent de l'alimentation, de l'état de santé, etc. Toutefois, la densité du lait de femmes est généralement plus considérable que celle de l'eau ; Brisson donne pour cette densité le nombre 1,0203.

Si l'on soumet le lait à l'examen microscopique, sa constitution devient immédiatement manifeste : on reconnaît qu'il est formé d'un liquide incolore et parfaitement transparent, dans lequel nagent des corpuscules sphériques plus ou moins identiques entre eux. Leeuwenhoek (2), qui, le premier, signala leur existence, ne les considéra pas tous comme étant de la même nature : les corpuscules de beurre étaient, d'après lui, ceux-là seulement qui venaient, par le repos, nager à la surface du liquide. Raspail (3) admet deux espèces de globules dans le lait : les uns, butyreux, d'une pesanteur spécifique plus faible que celle du liquide ; les autres, de nature albumineuse, plus denses que ce dernier. Mais Donné (4) a démontré que le lait ne renferme que des globules butyreux : la seule différence que ces derniers présentent tient à des variations assez notables dans leur volume respectif. Nous ne ferons que mentionner, en passant, la singulière erreur de Turpin (5), qui, confondant les globules laiteux avec les sporules du *penicillium glaucum* que l'on trouve dans le lait altéré, admet que les corpuscules spéciaux du lait sont susceptibles de germination et de croissance comme un végétal cellulaire.

Aujourd'hui, grâce aux recherches des micrographes, et, en particulier, à celles de Donné, la nature des globules laiteux est parfaitement déterminée. Ils apparaissent au microscope comme des particules sphériques à bords nettement tranchés, transparents et réfractant fortement la lumière ; ils diffèrent entre eux par leur volume qui varie, d'après Donné, depuis 1/300 de millimètre jusqu'à 1/120, et même au delà pour les plus gros. Suivant Henle (6), ces derniers sont jaunâtres et

(1) Quoique la sécrétion du lait semble propre à la femme grosse, elle aurait été vue quelquefois, dit-on, sur de jeunes vierges et même chez l'homme.

(2) *Opera omnia*, t. II, p. 12. Leyde, 1722.

(3) *Chim. organ.*, p. 315.

(4) *Cours de microscopie*, p. 354. Paris, 1844.

(5) *Comptes rendus de l'Institut, Ac. des sc.*, déc. 1837.

(6) *Anatomie générale*, t. II, p. 521, trad. de Jourdan.

leurs bords obscurs par réfraction : par réflexion, ceux-ci offrent un éclat nacré. On peut, d'après les expériences de Donné (1), séparer, par voie de filtration, les plus gros globules laiteux des plus petits qui demeurent pendant longtemps suspendus dans la partie séreuse du lait.

Une question intéressante se présente relativement à la nature des globules du lait : il s'agit de savoir s'ils représentent simplement des particules grasses émulsionnées dans un liquide, ou bien s'ils sont formés de deux éléments distincts, d'une substance butyreuse et d'une enveloppe spéciale.

Des expériences nombreuses tendent à démontrer que cette dernière opinion est la seule vraie. En effet, si les globules gras flottants dans le lait étaient complétement libres, on arriverait facilement, en agitant ce liquide avec une forte proportion d'éther, à les dissoudre et à séparer du sérum tous les principes gras qu'il contient : or, cela n'a point lieu, et, par cette réaction, le lait conserve son opacité tout entière. Au contraire, si préalablement on ajoute au lait une certaine proportion d'acide acétique, celui-ci, jouissant de la propriété de dissoudre les enveloppes formées de matière azotée neutre, tous les globules gras se dissolvent dans l'éther avec la plus grande facilité. L'acide acétique est encore un réactif précieux, quand on l'emploie dans l'examen microscopique du lait ; car, à peine en fait-on arriver quelques traces dans une gouttelette de ce dernier liquide, que l'on voit les globules laiteux, jusque là parfaitement isolés, se réunir les uns aux autres, et ne plus former que des gouttes de matière grasseamorphes et d'un volume très variable.

Il est vrai que, dans l'opération du barattage, on voit aussi les globules du lait perdre leur forme et des masses de substance grasse plus ou moins volumineuses s'agglomérer. Mais ce phénomène, bien qu'on ne s'en rende pas parfaitement compte, ne détruit en rien la valeur des arguments que nous avons donnés en faveur de l'existence de l'enveloppe des globules laiteux, enveloppe que l'on croit être de nature caséeuse, et que rien n'autorise, d'après Ch. Robin, à considérer comme une membrane analogue à celle des cellules adipeuses proprement dites.

Si, comme l'indique Dumas (2), on mélange du lait avec une solution saturée de sulfate de soude, et que l'on jette le tout sur un filtre, les globules butyreux sont retenus à la surface de ce dernier. Les lavages étant longtemps continués avec la même dissolution, les globules ne perdent jamais une certaine proportion de matière caséeuse : cette expérience vient encore à l'appui de l'opinion énoncée plus haut.

Les globules, tenus en suspension dans le lait, causent son opacité, qui est d'autant plus grande, sous une même épaisseur, que le nombre des globules butyreux est plus considérable : c'est en se basant sur cette observation et sur la proportionnalité existant entre les principes gras et les substances solides du lait, que Donné (3) a institué un appareil destiné à mesurer approximativement la richesse plus ou moins grande de ce liquide en principes nutritifs.

Le lait, abandonné au repos, présente un phénomène qui frappe tout d'abord l'attention : il se partage, après un temps plus ou moins long, en deux couches

(1) *Ouv. cit.*
(2) *Traité de chimie*, t. VIII, p. 627. 1846.
(3) *Cours de microscopie*, p. 387. 1844.

distinctes : l'une, supérieure, que l'on nomme *crème*; l'autre, inférieure, qui est le lait écrémé.

La crème est essentiellement formée par les globules butyreux et par la dissolution de caséum et des principes solubles du lait interposés entre ces globules. La séparation de cette couche s'opère avec une rapidité qui varie non seulement avec la nature du lait, mais encore avec les circonstances extérieures. D'après l'opinion d'Anderson, confirmée par Deyeux et Parmentier (1), c'est à la température de + 8° à + 10° que l'élimination de la crème se fait le plus facilement. Ce phénomène s'accomplit néanmoins à une température supérieure ou inférieure aux précédentes : le contact de l'air semble le favoriser, et le repos est indispensable à son accomplissement.

Il est facile de se rendre compte de la production de la crème d'après sa nature même. On voit, en effet, qu'elle tient seulement à la différence de densité qui existe entre les globules laiteux et le liquide qui leur sert de véhicule. La pesanteur spécifique des premiers étant plus faible que celle du second, les globules se transportent à la surface, et s'y réunissent en grand nombre, emprisonnant dans les vides qui les séparent le liquide qui les baigne. Toutefois, la différence de densité n'est pas assez grande pour que le lait, privé de sa couche crémeuse, ne retienne pas encore un grand nombre de globules butyreux.

Turpin (2), d'après sa théorie erronée sur la nature des globules du lait, avait expliqué la formation de la crème par la tendance instinctive des sporules à rechercher l'oxygène de l'air indispensable à leur existence.

La réaction chimique du lait sur les papiers colorés est un sujet sur lequel les auteurs ont donné plusieurs opinions très différentes ; les uns considérant ce liquide comme acide, les autres comme alcalin. Les expériences précises de Donné (3) prouvent que, pendant la lactation, le lait des animaux domestiques, et celui de la femme en particulier, présentent au tournesol une réaction alcaline au moment de son extraction. Cependant, D'Arcet et Petit, Quévenne et plusieurs autres observateurs, citent des cas où le lait de vache aurait offert une réaction acide au moment même où il venait d'être tiré. Péligot parle aussi de l'acidité du lait d'ânesse, dans les mêmes circonstances. L'alcalinité intense du lait de femme n'a jamais été révoquée en doute.

Très peu de temps après son extraction, le lait, exposé au contact de l'air, présente une réaction acide : ce phénomène est dû à la fermentation lactique qui s'opère en lui avec la plus grande facilité. L'acidité du lait va sans cesse en croissant, jusqu'à ce qu'on le voie se coaguler; cette coagulation dépend de la réaction de l'acide lactique, qui se forme, sur la caséine tenue en dissolution dans la partie séreuse. La présence de l'air est indispensable à la production du ferment qui détermine la formation de l'acide lactique; aussi peut-on conserver du lait pendant un temps fort long, sans qu'il s'altère, si l'on a la précaution de le soumettre tous les jours à l'ébullition (Dumas) (4).

Le premier degré d'altération du lait, en présence de l'air, est donc le développement de l'acide lactique. Mais aussitôt que, sous l'influence de cet agent, le caséum

(1) *Traité sur le lait. Journal de physique*, t. XXXVII, p. 361 et 415.
(2) *Mém. cit.*
(3) *Cours de microscopie*, p. 351. 1844.
(4) *Ouv. cit.*, p. 629.

est devenu insoluble, cette première fermentation cesse de s'opérer. Pour qu'elle continue, il faut, au moyen d'un sel alcalin, neutraliser l'acide lactique au fur et à mesure qu'il se produit.

Si on laisse, après la coagulation du caséum, les altérations consécutives du lait s'accomplir, on observe un dégagement de gaz, et la fermentation change de nature, elle devient alcoolique. C'est sur cette propriété singulière qu'est fondée la préparation de liqueurs spiritueuses au moyen du lait, chez certains peuples : les Tartares se servent à cet effet du lait de leurs juments (1). La production de l'alcool, par la fermentation secondaire du lait, a été étudiée par Deyeux et Parmentier (2), et, plus récemment, par Hess (3).

La manière dont le lait se comporte en présence des réactifs résulte des propriétés spéciales aux divers ordres de substances qui entrent dans sa composition. Nous ne pourrions nous appesantir sur ce sujet sans faire l'histoire de chacune d'elles. Bornons-nous à faire remarquer que le caséum ne se solidifiant pas par la chaleur, le lait peut être soumis à l'ébullition pendant un temps fort long sans se coaguler. On voit seulement la surface se couvrir de pellicules formées en partie de caséine et de matière grasse.

Le lait est coagulé par tous les acides minéraux ou organiques; ce phénomène est dû à la solidification du caséum sous l'influence de ces derniers. Souvent, lorsque le lait est porté à une température voisine de l'ébullition, la plus petite quantité d'acide qu'on y ajoute suffit pour produire la séparation du caséum, qui, dans ces circonstances, entraîne avec lui la presque totalité de la matière grasse : la partie liquide, restante, constitue le *petit-lait*. Une foule d'autres substances telles que l'alcool, le tannin, des infusions végétales, jouissent de la propriété de déterminer la coagulation du caséum. Un des principes les plus remarquables, sous ce rapport, est renfermé dans le liquide sécrété par la muqueuse stomacale des jeunes veaux, etc.; c'est ce qu'on nomme la *présure*. La portion active de cette matière constitue une sorte de ferment qui a été désigné sous le nom de *chymosine* ou de *pepsine*.

Les différents principes immédiats qu'on trouve dans le lait de la femme, de même que ceux qu'on isole du lait sécrété par les femelles de divers animaux, ont leur origine dans les aliments que ces êtres introduisent dans leur tube digestif. On comprend tout l'intérêt qui s'attache à trouver quel rapport existe entre l'alimentation et la lactation, tant sous le rapport de la quantité des différents principes, que sous celui de la proportion absolue de lait sécrété dans un temps donné. Cette question a surtout préoccupé les chimistes.

Les matières salines abondantes qui se rencontrent dans le lait, et qui sont d'une nécessité absolue pour concourir à la formation de la charpente solide du jeune animal, aussi bien qu'à la constitution de ses liquides, sont évidemment empruntées aux aliments que prend la mère. Aucune difficulté ne se présente non plus au sujet du caséum, c'est-à-dire de la matière azotée dissoute du lait : celle-ci procède des substances quaternaires qui entrent pour une part si abondante dans l'alimentation, et qui ne diffèrent pas sensiblement, par leur composition chimique, de la substance caséeuse elle-même.

(1) PALLAS, *Mémoires du Muséum d'hist. nat.*, t. 17, p. 231.
(2) *Mém. cit.*
(3) *Journ. de Pharm.*, oct. 1837, p. 198.

Quant au *lactose* ou principe sucré du lait, on est autorisé, par les expériences de Dumas, à en chercher l'origine dans les principes gommeux, féculents ou sucrés que renferme, en plus ou moins grande abondance, la nourriture de la plupart des animaux. Cette manière de voir est appuyée sur l'analyse du lait de quelques omnivores, des chiennes, par exemple, dont le lait, suivant qu'elles sont soumises à un régime exclusivement animal, mixte ou végétal, contient ou cesse de contenir du lactose, ou bien en renferme des proportions de plus en plus fortes (1).

Les recherches de Boussingault (2) sur l'engraissement des animaux pendant la lactation, mettent en évidence un fait de la plus haute importance : c'est que les principes gras, contenus dans les aliments des animaux, ne servent pas seulement, par les modifications qu'ils subissent dans les appareils d'assimilation, à la formation du beurre renfermé dans le lait, mais qu'ils font encore éprouver à divers principes neutres non azotés qui les accompagnent un changement tel, que ceux-ci se transforment en substance butyreuse.

Quant à la quantité de lait sécrétée dans un temps donné, elle est aussi considérablement influencée par l'abondance et la qualité de la nourriture. Péligot (3) a démontré, dans un travail important au point de vue économique, quelle était la nature des aliments les plus convenables pour augmenter la sécrétion lactée chez les animaux domestiques. D'après Boussingault (4), lorsque des quantités équivalentes de matières nutritives sont administrées aux animaux dans le même temps, la quantité et la qualité du lait restent sensiblement les mêmes, bien que la nature des substances subisse d'importantes modifications.

Avant que l'examen chimique eût ainsi précisé la question qui nous occupe, on savait que les aliments ont sur la production et sur la nature du lait une influence notable. On avait remarqué que certaines substances, introduites dans l'estomac, ont la propriété de communiquer une odeur, une saveur ou des caractères spéciaux quelconques au lait : c'est ainsi que diverses plantes de la famille des crucifères ou des alliacées donnent au lait une odeur particulière ; que la garance lui cède sa matière colorante, etc. On savait aussi que, lorsque des femmes sont soumises à un traitement mercuriel pendant l'allaitement, le produit de la sécrétion mammaire prend des propriétés antisyphilitiques : il est toutefois digne d'observation que, jusqu'à présent, on n'ait pu trouver dans le lait la moindre trace de mercure (5).

Quelque temps avant la parturition et dans les premiers jours de la lactation, le fluide sécrété par la mamelle offre un aspect particulier. C'est alors un liquide jaunâtre, se séparant facilement en deux portions, l'une séreuse, inférieure ; l'autre grasse et visqueuse, qui surnage la précédente ; celle-ci est d'un jaune foncé à sa surface. Ce premier produit de sécrétion est ce qu'on nomme le *colostrum*.

Au point de vue chimique, le colostrum se distingue facilement du lait par la présence de l'albumine qu'il tient en dissolution, et qui lui donne la propriété de

(1) Toutefois, ces expériences ne sont pas complétement démonstratives, vu la difficulté que l'on éprouve à mettre en évidence les dernières traces de lactose contenues dans le lait. Les expériences récentes de C. Bernard tendent, du reste, à prouver que le glucose, qui est isomérique du lactose, peut se produire dans l'économie indépendamment de l'alimentation féculente.

(2) BOUSSINGAULT ET LEBEL, *Ann. de chim. et de physique*, t. LXXI, p. 65.

(3) *Ann. de chim. et de phys.*, t. LXXII, p. 451.

(4) *Mem. cit.*

(5) DUMAS, *ouv. cit.*

se coaguler par l'ébullition. Quelques auteurs nient l'existence du lactose dans le colostrum : cette assertion est inexacte, ou du moins ne saurait être généralisée, puisque, dans beaucoup de cas, le colostrum abandonné au contact de l'air devient acide, ce qui ne peut être expliqué que par la fermentation spéciale du lactose qu'il contient.

Donné (1), qui a fait une étude très attentive du colostrum, y a découvert des corpuscules parfaitement caractéristiques et n'ayant aucun analogue dans les liquides de l'économie : ces corpuscules, qui n'offrent pas la moindre ressemblance avec les globules du lait, paraissent se composer d'une multitude de grains liés entre eux ou renfermés dans une substance demi-solide et transparente. On trouve toujours, dans le colostrum, quelques granules très petits qui semblent résulter de la désagrégation des globules précédents, et qui souvent sont trois ou quatre fois plus petits, sans présenter d'ailleurs une forme sphérique ni même régulière. Dans les plus gros corpuscules, il existe très souvent, dans l'intérieur de la masse granuleuse, un globule butyreux qui paraît y être emprisonné (Donné). La manière dont les corpuscules du colostrum se comportent en présence de l'éther fait croire à Donné qu'ils sont essentiellement composés de principes gras et d'une matière muqueuse particulière.

Suivant Gueterbock, après l'addition de l'éther, on remarque quelquefois la disparition des granules de substance grasse, et il reste une membrane pellucide. Ce fait est plus que douteux, car Henle (2), et les autres micrographes qui se sont occupés du même sujet, nient l'existence d'une enveloppe membraneuse.

Ce qui nous paraît plus intéressant au point de vue physiologique, c'est la détermination précise de l'époque de la lactation à laquelle ces éléments disparaissent normalement. Donné (3) s'est occupé de cette question et l'a résolue : dans la majorité des cas, on cesse de trouver des globules de colostrum dans le lait vers le huitième jour après la parturition. La plupart des auteurs sont d'accord pour ce terme ; c'est l'opinion de Henle, Simon et Nasse. Suivant d'Outrepont (4), il n'en existe plus après le troisième jour. Cette assertion ne semble pas exacte, car Donné (5) en a trouvé chez des femmes, bien portantes, jusqu'au vingtième jour. Ce dernier observateur a également constaté l'existence des corpuscules du colostrum, à des époques déjà éloignées de l'accouchement, chez des femmes qui avaient vu leurs règles se rétablir pendant l'allaitement ou qui se trouvaient dans différents états pathologiques ; aussi, est-il porté à considérer la présence de ces éléments dans le lait, hors des limites normales, comme un indice de la mauvaise qualité de ce dernier relativement à l'alimentation de l'enfant. Mais il ne nous semble pas que le rôle du colostrum, dans la nutrition du jeune être, ait été jusqu'à présent étudié avec assez de soin pour qu'il soit permis d'émettre sur ce sujet une opinion bien positive.

(1) *Ouv. cit.*
(2) *Anat. génér.*, t. II, p. 525, trad. de Jourdan.
(3) *Ouv. cit.*
(4) *Busch's Zeitschrift*, etc., t. X, p. 1.
(5) *Ouv. cit.*

DES AGES.

Considérations générales. — I. Dans l'impossibilité où se trouve l'esprit humain de comprendre l'éternité, il la suppose, tout indivisible qu'elle est, partagée en trois temps (*le passé*, *le présent*, *l'avenir*), dont l'un envahit sans cesse l'autre et augmente aux dépens du troisième. De même, la vie humaine se divise en trois périodes (*la jeunesse*, *la maturité*, *la vieillesse*), et la jeunesse rattache la vie au passé pour l'amener continuellement et progressivement, à travers la maturité qui est la période d'état (le présent), jusqu'à la vieillesse qui représente l'avenir.

Mais le temps marche toujours et rien n'arrête ni ne ralentit sa course, dont la rapidité, confondant les secondes et les années, ne marque même pas les siècles au cadran de l'éternité. La vie aussi, dans la continuité de sa marche, ne reconnaît pas les limites, les divisions que l'on peut y établir, et c'est seulement d'après les actes qui se sont manifestés, les phénomènes qui se sont offerts pendant son cours, qu'il est permis de juger de ses progrès. Toujours, en effet, des caractères analogues traduisent aux regards de l'observateur la période de la vie que l'individu parcourt, l'âge de son existence, sa jeunesse, sa maturité ou sa vieillesse. Mais ces périodes ne se signalent que par les transformations qui se sont opérées, et non par celles qui se font, comme on compte les heures seulement quand elles sont déjà écoulées. C'est, par conséquent, au milieu de chaque âge qu'il faut chercher les caractères qui lui sont propres; avant et après, ils se confondent avec les caractères de l'âge qui précède ou de celui qui va suivre.

II. Dans la vie intra-utérine se trouvent, pour ainsi dire, déjà indiqués les trois temps de la vie humaine. Le germe ne se forme que par le concours de forces qui lui sont étrangères, comme l'enfant ne vit qu'à l'aide des moyens d'existence que ses parents lui préparent et lui transmettent. L'embryon, une fois formé, croît en puisant par lui-même, dans le sol utérin où il est implanté, les éléments indispensables à son existence, il absorbe ce qui lui est nécessaire, excrète ce qui lui serait inutile ou nuisible ; comme l'homme mûr vit par lui-même, cherchant dans la terre sur laquelle il est placé les matériaux qui lui sont utiles, les aliments qu'il s'identifie. L'époque de la naissance arrive : le fœtus, ayant atteint le terme de son développement intra-utérin, quitte le sein maternel où il n'y a plus place pour lui, il naît à la vie ; et le vieillard, au terme de sa carrière, abandonne ce monde où sa tâche est terminée, et rentre dans l'éternité où la mort l'introduit.

III. Le fait même de la vie implique la nécessité de la mort. Le rôle, que chaque être doit remplir dans l'œuvre continue de la création, marque les limites de chaque âge et nécessite pour chacun d'eux des fonctions particulières ou prédominantes. L'enfance, qui continue l'espèce en unissant le passé au présent, ne doit tendre qu'à son développement propre ; toutes ses forces doivent être utilisées à constituer l'individu, à former l'homme avec l'enfant. La maturité, qui doit reproduire l'espèce, a pour fin principale la génération, l'homme créant l'enfant ; puis, quand cette tâche est accomplie, survient la vieillesse qui prépare l'homme à la mort. Ainsi, se développer, s'accroître, est l'attribut de l'enfance ; se conserver pour se reproduire, celui de la maturité ; se consumer lentement, enfin se détruire, est le propre de la vieillesse (1).

(1) Comme le fait observer Burdach (*Physiol.*, trad. franç., t. V, p. 336), on peut retarder la limite extrême de la vie, prolonger l'existence dans certaines espèces végétales, en retardant les

IV. Chaque fonction suppose un organe destiné à l'accomplir : à chaque âge, il y aura un organe ou une série d'organes prédominants. Cette conséquence, qu'on peut établir *à priori*, résulte de l'observation des modifications ou des transformations organiques propres à chaque âge. Pendant l'enfance, tout ce qui doit nourrir l'individu, servir à son développement, possède une sur-activité vitale incontestable; pendant la maturité, les organes génitaux, qui n'existaient d'abord pour ainsi dire qu'en germes, se développent et atteignent leur summum d'accroissement et d'énergie; dans la vieillesse, la plupart des organes sécréteurs prédominent, sinon d'une manière absolue, au moins relative, par la diminution d'énergie des fonctions absorbantes. La vie, abstractivement considérée, la force vitale emploie successivement les instruments que le corps met à sa disposition, pour former l'individu et pour continuer l'espèce; puis, quand ces instruments, altérés par un exercice prolongé, ne peuvent plus servir, la vie elle-même les fait disparaître. La vie use le corps, et c'est ainsi que la mort survient non passivement, comme une borne à la vie, mais nécessairement, activement, comme le résultat de la vie elle-même. De là vient que l'homme meurt, mais que l'espèce humaine ne meurt pas; une génération disparaît, mais une autre lui succède; les corps s'usent, la vie persiste et se continue dans l'éternité.

V. Il faut, pour qu'une fonction s'exécute, qu'elle réponde à un besoin, et le désir de satisfaire ce besoin inspire des idées qui s'y rapportent. Ainsi, à chaque âge, des besoins nouveaux se manifestent et des idées nouvelles surgissent dans notre esprit. Si l'on pouvait lire les pensées d'un enfant, nul doute qu'on ne les trouvât surtout relatives aux fonctions de nutrition. Chez l'adulte, on voit constamment, et dans toutes les espèces animales, se manifester une tension des facultés vers le but essentiel qui s'offre à lui, la reproduction de l'espèce. Les vieillards jouissent d'une faculté de généralisation plus grande : près de rentrer dans l'infini, leur esprit en conçoit mieux l'idée; pour eux, plus de désirs nouveaux à combattre, plus de passions auxquelles on doit résister et dont il faut subir la loi. A eux les joies du souvenir : le présent les touche peu, l'avenir ne leur est pas ouvert, mais le passé luit encore dans leur esprit, et, de même que leurs yeux devenus presbytes ne sont plus propres qu'à voir les objets éloignés, de même leur esprit presbyte aussi leur rappelle le bonheur passé.

VI. Les affections se modifient également suivant les âges, et viennent encore prouver que, pour le cœur, comme pour l'esprit et le corps, la loi des âges est absolue et inévitable. L'enfant ne sait pas encore aimer, il s'attache au sein qui le nourrit, à la main qui le guide; mais cet attachement, qui n'est pas de l'affection, qui n'est que l'expression d'une tendance primordiale, naturelle, n'est même pas de la reconnaissance, c'est le résultat du besoin d'un appui, d'un guide, c'est un hommage que sa faiblesse rend à la force qui le protége. Aussi l'enfant ne s'attache-t-il qu'à ceux qui sont plus âgés ou plus forts que lui-même; envers les autres êtres, il est indifférent, parfois même cruel : il maltraite, par exemple, les animaux dont il n'a pas à craindre les attaques, il rit de la douleur d'autrui, quoiqu'il connaisse bien lui-même la douleur; aussi a-t-on dit de cet âge qu'il était sans pitié.

La virilité développe le besoin d'aimer : à l'homme il faut une compagne, un

phénomènes propres à chaque âge : ainsi l'*Agave americana* qui, dans les pays chauds, fructifie à huit ans, après quoi il meurt, vit cinquante à cent ans dans nos serres, parce qu'il n'y fleurit qu'après ce long terme.

amour pour son amour. Il n'est pas encore apte à remplir la nouvelle fonction qui lui est assignée que déjà un sentiment jusqu'alors inconnu se développe en lui ; il ne sait pas encore comment il aime, mais il aime, et ce besoin est tellement expansif qu'il ne se fixe pas sur une seule personne, sur un seul objet, il se répand en flots de tendresse sur la nature entière et s'égare souvent dans le vague de l'infini. En se circonscrivant plus tard dans le cercle de la famille, ce sentiment reste toujours le même ; c'est encore le besoin d'aimer qui inspire aux époux la tendresse réciproque qu'ils ont l'un pour l'autre, la tendresse collective qu'ils ont pour leurs enfants.

Les progrès de l'âge ne refroidissent pas moins le cœur qu'ils n'affaiblissent le corps. En général, le vieillard ne sait plus aimer. Il s'attache avec bienveillance aux êtres jeunes qui l'entourent, mais ordinairement avec le désir de dominer ou avec l'espoir d'en recevoir des services. Il veut être respecté, adulé, servi, il ne cherche plus à être aimé. Semblable à l'enfant, il rapporte tout à lui-même ; à lui il faut également un appui, mais que cet appui lui vienne de la tendresse affectueuse de ses enfants, de la soumission respectueuse de ses serviteurs ou de l'obéissance aveugle des animaux qu'il élève, peu lui importe le plus souvent ; insensible, il ne voit que le résultat et se soucie peu de remonter jusqu'à la cause. Cependant, lorsque les sentiments de l'affection sont anciens chez lui, quand les personnes qu'il aimait ont vieilli avec lui et que l'amour est resté chez lui une habitude, il peut continuer à aimer : comme on voit son esprit, oublieux des faits récents, conserver le souvenir du passé, de même son cœur peut battre encore d'un amour rétrospectif.

VII. Les trois âges de l'homme attestent leur cours par des manifestations particulières, physiques, intellectuelles ou affectives. Seulement, comme le genre humain comprend, sinon plusieurs espèces, du moins une foule d'individualités distinctes, les caractères propres à chaque âge ne se manifestent pas à la même époque chez tous les hommes. La race, les influences climatériques, les tempéraments, les conditions hygiéniques ont une influence incontestable, soit pour hâter, soit pour retarder la marche de la vie. Mais, s'il est vrai que le but de la vie soit le même chez tous les individus, s'il est vrai que la fin, vers laquelle chaque âge doit tendre, soit la même pour tous, il doit y avoir un rapport constant entre la durée totale de l'existence et la durée partielle de chaque âge, entre la vie et ses diverses périodes, et c'est en effet ce qu'on observe. Ainsi, dans la menstruation, se trouve un indice certain de l'adolescence, et elle survient plus tôt dans certains pays, sous certaines conditions, que dans d'autres ; mais elle dure d'autant moins longtemps qu'elle apparaît plus tôt, et, aux îles Philippines par exemple, les femmes, nubiles dès l'âge de dix ans, sont flétries dès l'âge de dix-huit ans (1). Il doit donc être convenable, pour fixer la limite de chaque âge, d'avoir égard aux différences de races, de pays, d'habitudes, d'éducation, etc. C'est en grande partie pour avoir négligé ces considérations que les auteurs ont établi des délimitations si variées. Cependant, afin de poser des termes fixes, on a eu recours à certains artifices plus ou moins ingénieux, et qui, partant des principes que nous venons d'exposer, n'arrivent à des résultats significatifs qu'en torturant les chiffres sur lesquels on opère.

1° Il est un fait constant, c'est que la durée de la vie embryonnaire est la même

(1) ZIMMERMANN, *Taschenbuch der Reisen*, t. XIV, p. 229.

dans tous les climats et pour toutes les races de l'espèce humaine (1). Butte (2) et Kastner (3) ont les premiers posé en principe qu'il fallait en faire le commun diviseur des âges. Burdach (4), considérant chaque âge comme l'élévation à une plus haute puissance de celui qui précède, prenant aussi la vie embryonnaire comme point de départ, arrive aux conclusions suivantes : La vie embryonnaire renferme quarante semaines, c'est-à-dire dix fois le type quadriseptimanaire, cet élément général dans l'organisme du temps ; le second âge doit représenter le même type à une puissance supérieure, et, en effet, l'enfance, limitée par la deuxième dentition, s'étend jusqu'à quatre cents semaines ou le nombre dix au carré multiplié par le type quadriseptimanaire : $10^2 \times 4 = 400$. Ce second nombre devient l'unité des autres âges de la vie, et le troisième âge renferme le même terme multiplié par deux, ou $2 \times 10^2 \times 4 = 800$ semaines ; il conduit ainsi jusqu'à la fin de la vingt-troisième année, qui est caractérisée par l'achèvement de l'accroissement et l'acquisition de la maturité sexuelle. D'après la même progression, le quatrième âge serait composé de 1200 semaines ou $3 \times 10^2 \times 4$, et s'étendrait par conséquent jusqu'à la quarante-septième année, où seraient placées les bornes de l'activité créatrice. La vieillesse, à son tour, durerait 1600 semaines, $4 \times 10^2 \times 4$, et placerait les limites de la vie vers la trentième semaine de la soixante-dix-septième année. En résumé, la proportion de la vie embryonnaire est à l'enfance comme 1 : 10, à la jeunesse comme 1 : 20, au moyen âge comme 1 : 30, au grand âge comme 1 : 40. De cette manière, la proportion arithmétique des âges a un caractère véritablement organique, et s'accorde aussi bien avec l'expérience qu'avec l'idée (5).

2° Butte (6) se fondait sur un principe abstrait de la divisibilité de la vie en trois d'après son essence, et il établissait que la vie contient les neuf mois de la vie embryonnaire, qui se multiplient en autant de degrés qu'en donne le nombre $3^2 = 9$, et que chaque degré était formé aussi de $3^2 = 9$ années. En d'autres termes, la vie serait composée de 9 degrés de 9 années : deux degrés pour le premier âge, de la naissance à 18 ans ; cinq pour la maturité, de 18 à 63 ans ; enfin encore deux degrés pour la vieillesse, de 63 à 81 ans.

3° L'enfance, étant prise comme unité avec sa durée de sept années, a servi à diviser la vie en dix périodes (*Solon*) ; en douze (*livres sacrés des Étrusques*), ou en quinze (*Daignan*). Hippocrate, Stesias (7) admettaient aussi la périodicité septennale. Mais ces périodes sont arbitrairement établies et ne répondent pas à des phénomènes particuliers qui se manifesteraient dans l'économie humaine.

4° Enfin on a voulu attribuer une égale durée à tous les âges de la vie et diviser l'existence, non plus d'après un terme fixe émanant de la vie embryonnaire ou de l'enfance, mais d'après des nombres convenus, en maintenant la durée de chaque âge, mais en variant le nombre des périodes de la vie. Daignan compte 15 âges de sept ans ; Linnée en énumère 12 ; Mende (8) en admet 6 ; Varron en propose 5 de quinze années ; Philites (9), 4 de dix-huit années ; Pythagore, 4 de vingt ;

(1) HUMBOLDT, *Reise in die Equinoctialgegenden*, t. II, p. 199.
(2) *Die Biotomie des Menschen, oder die Wissenschaft der Natureintheilungen des Lebens*, p. 124.
(3) *Archiv für die gesammte Naturlehre*, t. XI, p. 118.
(4) *Traité de physiologie*, t. V, p. 522, trad. de Jourdan.
(5) BURDACH, *ouv. cit.*, t. V, p. 524.
(6) *Ouv. cit.*, p. 21.
(7) *Censorini Liber de die natali*, p. 65.
(8) *Handbuch der gerichtlichen Medicin*, t. II, p. 221.
(9) *Encyclop. Worterbuch der medicinischen Wissenschaften*, t. II, p. 32.

Schmidt (1), 3 de vingt-cinq; et Virey (2), 3 de trente ans. Virey partait de ce principe, que, dans tout ce qui est fini, on doit distinguer un commencement, un milieu et une fin.

5° Dans la division de la vie, ayant égard à son double but individuel et générique, nous admettrons les trois âges que nous avons indiqués : la jeunesse, la maturité et la vieillesse. Mais les changements, qui caractérisent chacun d'eux, ne s'opérant pas brusquement avec une précision mathématique, il y aura nécessité de subdiviser chaque âge en deux, et par conséquent de reconnaître : 1° l'enfance et la jeunesse; 2° l'adolescence et la maturité ; 3° la vieillesse et la décrépitude.

De l'enfance.

Naissance. — Quand le fœtus a acquis dans le sein de sa mère le développement fixé par les lois de la nature, il naît. Le passage de la vie intra-utérine à la vie extra-utérine, ce moment auquel on fait remonter la vie proprement dite, s'accompagne de changements profonds et multiples dans l'organisme. Toutefois, quelque rapides que soient ces changements, on s'est appliqué à retrouver là encore le caractère de la marche uniforme, régulière, progressive que la nature imprime à toutes ses œuvres, et, dans le but de prouver que la vie fœtale et la vie extra-utérine ne devaient pas différer d'abord par leur essence, d'une manière très profonde, on a cité des exemples dans lesquels la durée de l'une aurait été augmentée ou diminuée aux dépens de la durée de l'autre, soit naturellement, soit artificiellement. D'après Merriman (3), sur soixante-trois naissances, trois ont eu lieu dans la trente-septième semaine ; Fodéré (4) parle d'une femme qui accouchait toujours au septième mois d'un enfant viable, et les accoucheurs de nos jours n'hésitent pas à provoquer l'accouchement prématuré quand des circonstances particulières l'exigent. La naissance ne se serait opérée que du trois cent au trois cent cinquième jour, cinq fois sur cent quatorze cas, d'après Merriman (5) ; Velpeau (6) cite un accouchement au trois cent dixième jour, et Riecke (7) en a observé un au bout de onze mois. Enfin Schmidt parle d'une femme qui fut prise de douleurs d'accouchement à l'époque légitime ; elle mourut deux ans après, portant dans l'abdomen un enfant qui, extrait par l'opération césarienne, vécut et respira pendant deux heures ! Dans ces cas, dit-on, le développement continuerait à s'opérer dans le corps de la mère, et les enfants seraient, au moment de la naissance, plus forts, plus pesants, avec un système musculaire plus développé, des fontanelles plus petites, les sutures ossifiées; le placenta et le cordon ombilical seraient flétris (8), etc. Buffon (9) affirme avoir pu prolonger la vie embryonnaire en maintenant loin du contact de l'air, dans des liquides chauds, des chiens expulsés de la matrice à l'époque ordinaire. Roose (10) dit avoir reproduit la même expérience sur des chats nouveau-nés.

(1) *Organisations metamorphose des Menschen*, p. 79.
(2) *Histoire naturelle du genre humain*, t. I, p. 98.
(3) *Bulletin des sc. méd.*, t. XVI, p. 154.
(4) *Dict. des sc. méd.*, t. XVIII, p. 326.
(5) *Trans. méd. chir. de Londres*, t. XIII.
(6) *Traité de l'art des accouch.*, t. II, p. 5.
(7) *Beitræge zur geburtshuelflichen*, etc., p. 78.
(8) MENDE. *Handbuch der gerichtlichen Medicin*, t. II, p. 304.
(9) *Hist. nat. de l'homme.*
(10) *Physiol. Untersuch.*, p. 66.

Quoi qu'il en soit, ce qui caractérise essentiellement la naissance, c'est l'établissement de la respiration : le premier cri annonce la vie, comme le dernier soupir la mort. Dès que l'air a pénétré dans les voies respiratoires, toutes les fonctions s'établissent suivant un nouveau type ; et, en même temps que la *respiration*, la circulation, la calorification, la digestion, l'innervation, etc., s'exécutent plus ou moins exactement comme pendant tout le cours de la vie. Dès lors, par conséquent, tout l'organisme doit se ressentir de la profonde modification qui vient de s'opérer en lui.

A peine la tête de l'enfant est-elle en contact avec l'air que, suivant Friedheim (1), des mouvements convulsifs se manifestent dans les angles des lèvres et aux ailes du nez ; puis la bouche s'ouvre par l'abaissement de la mâchoire inférieure, la cage pectorale se dilate, l'épiglotte se redresse ; la glotte, auparavant presque complétement fermée, devient béante d'une manière permanente (2); la trachée-artère se développe, se déplisse, comme le prouvent la disparition des rides de sa paroi postérieure et l'état de tension de ses fibres musculaires transversales.

Par l'ampliation qu'acquiert la cavité thoracique, le vide se fait dans le poumon, dont la circonférence ne se sépare pas de la plèvre pariétale, et l'air se précipite dans cet organe pour n'en plus sortir complétement pendant le reste de la vie. Les poumons prennent alors un accroissement de volume : leur hauteur augmente d'un centimètre et leur largeur de quatre (3) ; il s'y fait, selon Bernt (4), une augmentation cubique d'un pouce et demi; leur poids augmente, et, selon Osiander (5), il est porté de onze gros trois quarts à vingt et un gros et demi. On comprend que cette augmentation de poids ne dépend pas seulement du volume d'air inspiré; mais elle est surtout produite par l'afflux du sang en quantité plus considérable : le calcul prouve, en effet, que le sang y contribue pour 419,88 grains et l'air pour 0,11 grains (6). Avant la naissance, les poumons présentent le même aspect que lorsqu'une inflammation empêche la pénétration de l'air dans leur tissu : ils sont denses, résistants, d'un rouge brun, hépatisés; la respiration une fois établie, ils deviennent plus légers spécifiquement, plus élastiques, crépitants et d'un rouge vermeil. Mais tous ces phénomènes ne se montrent pas simultanément dans toute l'étendue des poumons : Meckel (7) a observé, sur un enfant de six semaines et sur un autre de quatre, des parties de poumon qui n'avaient pas encore respiré, et, d'après Portal (8), le poumon droit, dont la bronche est plus ample et plus courte, respirerait le premier.

Quelle est la cause de la première inspiration ? Celle-ci est-elle due à une influence mécanique, à la pression atmosphérique? Non évidemment, car l'air ne peut pas par lui-même pénétrer dans la cavité thoracique d'un enfant mort-né; car, insufflé, il ne dilate même pas les vésicules pulmonaires. On ne comprend pas davantage comment on a pu avancer et croire que l'établissement de la respiration résulte de la stimulation produite sur la moelle allongée par le sang artérialisé,

(1) *Diss. de prima resp.*, p. 9.
(2) MENDE, *ouv. cit.*, t. III, p. 19.
(3) *Gunz. der Leichnam des Menschen*, etc., p. 80.
(4) *Handbuch der gerichtlichen Arzneikunde*, p. 266.
(5) *Handb. der Entbindungskunst*, t. I, p. 656.
(6) BURDACH, *ouv. cit.*, t. IV, p. 300.
(7) *Manuel d'anat.*, t. III, p. 532.
(8) *Mém. de l'Ac. des sc.*, 1765.

puisque, dans cette opinion, la cause de l'établissement définitif de la respiration serait l'effet de la première inspiration, laquelle n'aurait toujours pas de cause appréciable. La première inspiration, comme le premier battement du cœur, doit reconnaître pour cause une loi primitive de la nature, une force inconnue qui domine tous les phénomènes de la vie : nous n'expliquerons pas autrement le premier effort de succion que fait l'enfant sur le sein de sa mère, ni le premier mouvement volontaire qu'il exécutera. Mieux vaut s'abstenir d'explications que d'en donner qui soient fondées sur des erreurs ou recueillies dans les ténèbres.

Quoi qu'il en soit, la respiration, une fois établie, continue à s'effectuer d'une manière permanente et régulière. Plus fréquente, pendant l'enfance, que pendant les autres âges, elle s'accompagne de phénomènes semblables.

Par suite de l'expulsion du fœtus et de la section du cordon ombilical, de la dilatation du poumon par l'air et de l'afflux plus considérable du sang vers cet organe, la circulation se trouve modifiée profondément. Le cœur est repoussé de droite à gauche et de haut en bas, par l'effet de la plus grande distension du poumon droit et de l'abaissement du diaphragme ; le trou ovale se ferme peu à peu, parce que la valvule d'Eustachi est tirée de haut en bas par l'abaissement du diaphragme, et qu'elle ne peut plus diriger vers cet orifice le sang de la veine cave inférieure, dont la quantité a d'ailleurs diminué de tout celui qui venait de la veine ombilicale, parce qu'aussi la valvule du trou ovale, plus grande que ce trou lui-même, est refoulée par le sang qui afflue dans l'oreillette pulmonaire. Le ventricule droit, d'abord plus petit que le gauche, devient plus grand que lui, suivant Meckel (1) : la capacité du ventricule aortique est à celle du ventricule pulmonaire comme 1 : 0,75 avant la respiration, comme 1 : 0,93 après la première respiration, et comme 1 : 1,66 au bout de sept mois. Le canal artériel se rétrécit rapidement, et, dès le troisième jour, se trouve oblitéré par un caillot qui se transforme ultérieurement en un cordon fibreux : cette oblitération, qui marche de l'aorte vers l'artère pulmonaire, est due à l'angle que le canal artériel forme avec l'aorte par l'effet de l'abaissement du cœur et l'élévation de la crosse aortique, et à l'élongation qui résulte de ce déplacement. Les artères ombilicales, devenues inutiles, se transforment en cordons fibreux ; l'aorte descendante ne reçoit plus de sang par le conduit artériel, et la veine ombilicale s'oblitère peu à peu dès le second jour après la naissance. D'un autre côté, les artères pulmonaires se développent, prennent un plus large calibre, le sang étant continuellement attiré vers les poumons par les mouvements de la respiration. Une fois ces phénomènes accomplis, la circulation prend le type qu'elle doit conserver pendant le reste de la vie (2).

A. *Première enfance.* Après que l'enfant, par le fait de la naissance, a acquis une vie indépendante, il lui faut, pour la conserver et l'entretenir, des moyens autres que ceux qu'il possédait dans l'utérus. Déjà nous avons vu s'établir la respiration et se transformer la circulation : dans la première enfance, la nutrition va présenter aussi de notables changements.

Habitué qu'il était, dans le sein maternel, à recevoir sa nourriture ou les élé-

(1) *Ouv. cit.*, t. II, p. 285, trad. de Jourdan.

(2) On sait que le pouls est plus fréquent dans l'enfance qu'aux autres âges de la vie : pendant le premier mois, le pouls donne par minute 130 à 140 pulsations; pendant le troisième, 120 à 125 ; au neuvième, 115.

ments de son développement tout élaborés par des organes qui n'étaient pas en lui, le jeune enfant a besoin d'une nourriture très facilement assimilable, pour que son estomac puisse la digérer. Le lait, que sécrètent les glandes mammaires, est incontestablement celle qui lui convient le mieux : il y trouve l'eau nécessaire à étancher sa soif, qui, chez lui, est confondue avec la faim, et les matériaux solides appropriés à ses facultés digestives; il y trouve cette température fixe de 37° qui est aussi celle de son corps; il y trouve enfin ces éléments du sang que jusqu'alors il avait reçus tout faits. Aussi, est-il dans la nature de l'enfant de prendre le sein et d'y chercher sa nourriture. C'est, pour lui, une nécessité primordiale qui ne résulte pas seulement du besoin de la faim, car l'enfant tette tous les corps que ses lèvres peuvent atteindre; il tette, lorsque la moitié de son corps se trouve encore dans les voies génitales (1); il tette, même dans l'utérus, le doigt qui pénètre par hasard dans sa bouche (2), dominé qu'il est par une impulsion instinctive à laquelle la volonté n'a primitivement aucune part. Du reste, l'aliment, introduit dans les voies digestives, n'est pas toujours le même pendant la durée de l'allaitement : c'est d'abord un liquide jaunâtre, *colostrum*, qui, dit-on, aurait la propriété d'exciter les contractions, les mouvements vermiculaires de l'intestin (3); puis, du troisième au quatrième jour suivant les uns, au huitième jour seulement, selon les autres, ce même liquide a complétement disparu pour faire place au véritable lait qui en diffère essentiellement par ses propriétés physiques et chimiques. La salive paraît manquer pendant les deux premiers mois, et, longtemps encore après ce temps, elle reste peu abondante, les glandes qui la sécrètent étant peu développées.

L'estomac devient plus horizontal après la première inspiration (4); après l'introduction des aliments, il acquiert une plus grande capacité. L'intestin grêle devient un organe puissant d'absorption, le gros intestin augmente en dimensions, et le rectum expulse trois ou quatre fois par jour les matières qu'il contient. Le foie diminue de volume relatif, il prend une couleur moins foncée, et sécrète une grande quantité de bile; la vésicule biliaire, qui était d'abord cylindrique, prend la forme conique qu'elle doit conserver (5). Les reins sont proportionnellement très volumineux; leur poids est à celui du corps comme 1 : 120, tandis que, chez l'adulte, ce poids sera comme 1 : 240. La vessie descend davantage dans le bassin et l'ouraque s'oblitère. L'urine est excrétée dix ou douze fois par jour; d'abord claire, incolore et inodore, elle ne renferme pas d'urée, mais elle contient de l'acide benzoïque (6).

La chaleur du nouveau-né, ou sa faculté calorifique, est moins élevée, plus faible que pendant les autres âges: suivant J. Davy (7) et W. F. Edwards (8), elle n'est que de 27° à 28° Réaumur. De là résulte sans doute que la mortalité est, jusqu'à la fin du troisième mois, beaucoup plus considérable en hiver qu'en été (9). Et pourtant, chez nous, même durant les saisons rigoureuses, on porte l'enfant à

(1) OSIANDER, *ouv. cit.*, t. I, p. 679.
(2) HAYN. Dans Burdach, *ouv. cit.*, t. IV, p. 432.
(3) Les caractères physiques et chimiques du colostrum ont été exposés plus haut (p. 279).
(4) BERNT, *ouv. cit.*, p. 275.
(5) BERNT, *ouv. cit.*, p. 274.
(6) JOHN, *Chemische Tabellen des Thierreichs*, p. 15.
(7) *Physiol. and anat. researches.* London, 1839.
(8) *De l'influence des agents physiques sur la vie*, p. 235.
(9) VILLERMÉ et EDWARDS, *Annales d'hygiène et de médecine légale*, t. II, p. 291.

l'église pour le faire baptiser, à la mairie pour le faire inscrire sur les registres de l'état civil ; dans plusieurs pays, au Canada (1), en Laponie (2), comme autrefois en Anglererre (3), on le plonge dans l'eau froide ou dans la neige. Il semble que ce soit toujours la même pensée coupable qui fasse agir l'espèce humaine, et qu'en exposant ainsi l'enfant naissant aux chances multiples de mort, on veuille, comme les anciens Spartiates, ne conserver à la vie que ceux qui sont assez vigoureux pour résister à de pareilles épreuves. Il faut noter néanmoins que la transpiration cutanée est, en général, très peu abondante chez le tout jeune enfant, ce qui empêche celui-ci de subir l'effet d'une des causes les plus directes de refroidissement.

Les mouvements, que la respiration et la circulation communiquent à l'encéphale, doivent contribuer à exciter cet organe, qui présente un volume proportionnel plus considérable que celui qu'il aura plus tard : son poids est à celui du corps comme 1 : 8, tandis qu'il sera, chez l'adulte, comme 1 : 40. C'est qu'en effet, dans la première enfance surtout, certaines fonctions encéphaliques ont déjà une grande activité. Une foule d'impressions vont atteindre l'enfant pour la première fois : à la naissance, le contact de l'air lui fait souffrir le froid ; les mains qui le touchent, les corps qui l'enveloppent, les excréments qui le salissent, le bruit qu'il entend, etc., lui causent des sensations qui sont d'abord de la douleur ; privé des liquides qui le nourrissaient dans l'utérus, il éprouve le sentiment de la faim, et c'est encore une douleur; obligé de rejeter les matières excrémentitielles que sécrète sa muqueuse intestinale, l'exonération est encore pour lui une sensation pénible. Mais, peu à peu, il s'habitue à distinguer ses impressions, et commence à éprouver du plaisir aux unes qu'il recherche par des mouvements automatiques, à ressentir des autres une peine qu'il exprime par ses cris. Puis, la volonté se manifeste chez lui par des mouvements, par des actes qu'il exécute ; les sons ne frappent plus péniblement ses oreilles, et les chants dont sa mère le berce calment ses souffrances et sèchent ses pleurs.

Vers le cinquième mois, son larynx produit un son qui n'est plus un simple cri, et, vers le huitième, sa voix augmentant sans cesse, lui permet d'imiter divers sons qu'il a entendus. Les sens de l'odorat et du palper sont plus tardifs que les autres dans leur développement : cependant Osiander (4) assure que les tout jeunes enfants aveugles-nés perçoivent l'odeur du lait qu'on leur présente. Un enfant de cinq semaines ne prenait volontiers que le sein de sa nourrice, dont la transpiration exhalait une mauvaise odeur ; il saisissait avec difficulté celui de toute autre personne, et se mettait à crier dès que la nourrice s'approchait de lui.

Bientôt les facultés intellectuelles et morales de l'enfant se développent aussi, sa mémoire se manifeste, ses affections, ses répulsions peuvent être constatées par ses rires ou par ses pleurs : c'est ainsi qu'il arrive à la fin du neuvième mois.

B. *Seconde enfance.* Dans cette période, qui s'étend jusqu'à la huitième année, la respiration se continue d'une manière régulière, moins rapide, mais plus profonde, et la toux devient facile sous l'influence des causes qui peuvent la produire.

(1) Zimmermann, *Taschenbuch der Reisen*, t. III, p. 155.
(2) *Hist. nat. gén. et part.*, t. II, p. 454.
(3) Virey, *Hist. nat. du genre hum.*, t. I, p. 101.
(4) *Ouv. cit.*, t. I, p. 685.

La circulation se maintient comme elle était, en diminuant un peu de fréquence; la cavité thoracique augmente, et pourtant le cœur devient relativement plus petit, le thymus commence à décroître sensiblement. La calorification atteint son terme normal. La digestion présente en même temps les phénomènes les plus variés et les plus remarquables. Les aliments liquides, le lait maternel ne suffisent plus à la nourriture de l'enfant, aussi la mastication lui devient-elle possible, ses mâchoires s'étantconsolidées et armées de dents.

Dentition. A la naissance, les dents n'étaient qu'à l'état de germe; elles commencent à faire saillie au dehors vers l'âge de dix mois environ. On cite quelques exemples d'enfants venus au monde avec des dents, mais ce sont là des exceptions. En général, pendant la première enfance, les dents n'atteignent pas au rebord alvéolaire; leur éruption se fait à cause de leur développement en hauteur et de l'usure qui résulte de leur frottement, de la pression qu'elles exercent sur le bord gingival. Cette éruption a lieu d'après un mode constant et régulier : elle commence, en général, par la mâchoire inférieure où la dent incisive médiane apparaît tout d'abord; puis la dent correspondante se montre à la mâchoire supérieure, ensuite viennent les incisives externes, la première molaire, la canine, et enfin, vers la fin de la seconde année, la deuxième petite molaire. Ces premières dents ne sont que temporaires : au-dessous d'elles, en même temps qu'elles, mais plus lentement, se développaient les dents qui doivent être définitives, et dont le développement est cause de la chute des premières.

La dentition s'accompagne presque toujours d'une suractivité vitale extrême des gencives, des glandes salivaires et de la bouche. Les artères, qui se rendent à ces parties, prennent un accroissement notable; souvent même une inflammation réelle de toute la cavité buccale est produite par le travail de la dentition, et il n'est pas rare que des maladies graves en soient aussi le résultat. Toujours d'ailleurs une salivation, sinon morbide, du moins exagérée, accompagne la sortie des dents, et une hypersécrétion analogue du mucus gastro-intestinal peut amener la diarrhée.

L'estomac devient plus actif, mais aussi il conserve plus longtemps les aliments dans sa cavité, en extrait les parties assimilables avec une certaine lenteur qui diminue la fréquence du besoin de manger. La bile devient plus épaisse et coule avec plus d'abondance, les matières évacuées par le rectum sont plus jaunes et plus consistantes en même temps que les évacuations deviennent plus rares. Les reins présentent des lobules moins séparés, l'urine prend de la couleur, de l'odeur, et contient de l'urée.

Le centre nerveux cérébro-spinal, quoique son volume relatif diminue, acquiert à peu près le terme de son accroissement, et nous avons déjà fait remarquer, avec Sœmmerring, Ackermann, les frères Wenzel, etc., que c'est dès l'âge de quatre ou cinq ans que s'établit la proportion prétendue pubère du volume du cervelet à celui du cerveau proprement dit. Ces circonstances sont en rapport avec les facultés nouvelles qui apparaissent.

D'abord hésitante et difficile, la marche n'était guère qu'une série de chutes occasionnées à la fois par la faiblesse des membres, le peu d'énergie des contractions musculaires, le défaut de coordination des mouvements, une mauvaise appréciation des distances et des obstacles, et enfin par la peur. Presque toujours, c'est vers la fin de la première année que l'enfant commence à se tenir debout, et vers la fin de la deuxième qu'il sait marcher.

Ce que la marche est aux membres inférieurs, la parole l'est au larynx. Les sons

que l'enfant pouvait produire, il commence à les articuler; à l'imitation de sa mère, il remue ses lèvres, et le premier mot qu'il prononce, à peu près le même dans toutes les langues, est formé de la lettre *m* et de la voyelle *a*. On a avancé que le premier mot sortait quelquefois sous l'influence des affections, ou d'une manière involontaire (1). Il suffit, pour le produire, que le son primitif *a* soit interrompu dans son émission par la rencontre volontaire ou fortuite des deux lèvres qui, en se rapprochant ou s'éloignant, articulent ce son qui retentit comme un baiser au cœur d'une mère. Et pourtant ce premier mot commence à isoler, d'une nouvelle façon, l'enfant de celle qui lui a donné le jour. C'est à la vue des progrès de son enfant que la femme manifeste, dans tout son éclat, la pureté, la générosité de son amour : l'enfant, attaché au sein maternel, est presque une partie du corps de la mère ; sa première dent rompt cet attachement et la mère est satisfaite ; elle aimait à tenir dans ses bras cet enfant qu'elle a nourri, il apprend à marcher, ses premiers pas l'éloignent d'elle, et elle se réjouit de ses progrès ; elle le met, par la parole, en rapport avec le monde extérieur qui doit le lui enlever un jour, et pourtant elle est heureuse quand il commence à balbutier. C'est que, par instinct, elle a compris que, de près comme de loin, dans le présent comme dans l'avenir, cet enfant c'est toujours elle se manifestant sous une nouvelle forme dans l'espace, se continuant pour un autre temps dans l'éternité ; c'est qu'il est dans sa destinée de produire pour la société, et elle se réjouit de son œuvre. Sa récompense est dans son cœur, dans la reconnaissance de l'enfant qui a appris à la connaître et à l'aimer.

De la jeunesse.

Vers sept ou huit ans, les organes transitoires disparaissent ; le thymus pour n'être pas remplacé (2), les dents de lait pour faire place aux dents définitives. Toutes les forces tendent encore à constituer l'individu, mais elles se manifestent par des progrès plus lents et plus durables : les fonctions digestives s'exécutent avec une énergie remarquable qui est en rapport avec la nécessité de fournir à la rapidité de l'accroissement, et qui est favorisée par l'augmentation de la force musculaire de l'estomac et du canal digestif, par la sécrétion plus abondante de la salive et de la bile. La respiration s'opère plus complétement ; la circulation prend à peu près son type normal, et le pouls ne donne plus que 80 à 90 battements par minute. L'accroissement du corps en hauteur, qui avait été de 60 centimètres environ pendant les sept premières années, n'est plus que de 5 centimètres par an pour les garçons et de 4 centimètres pour les filles. Le poids, au contraire, augmente davantage : son accroissement est d'environ 16 kilogrammes pour l'enfance ; pendant la jeunesse, l'augmentation annuelle du poids est, terme moyen, de 2^k,250 chez les garçons, et de 2^k,750 chez les filles, depuis huit ans jusqu'à douze ; de 5^k,500 chez les garçons et de 3^k,750 chez les filles depuis douze ans jusqu'à dix-sept (3).

(1) GROHMANN. *Entwickelung des kindlichen Alters*, etc., p. 148. Elberfeld 1817.

(2) KRAUSE (*Müller's Arch.*, 1837), dit avoir trouvé le thymus chez tous les sujets de 20 à 30 ans, même plus gros que chez les enfants. C'est seulement dans des cas exceptionnels et très rares que l'on rencontre cet organe à un âge aussi avancé : on sait d'ailleurs que le riz du veau, analogue au thymus, disparait chez le bœuf.

(3) VILLERMÉ. *Annales d'hygiène publique et de médecine légale*, t. II, p. 351, sq. QUETELET ; *Sur l'homme et le développement de ses facultés*, t. II. Paris, 1835. BURDACH. *Ouv. cit.*, t. IV, p. 505.

L'ossification, sans se compléter encore, continue à manifester ses progrès par la densité, la solidité, l'accroissement en longueur et en épaisseur que les os acquièrent, et surtout par la diminution des cartilages épiphysaires. Les sutures disparaissent, les os se soudent avec les épiphyses. Les os des mâchoires ont pris une étendue et une forme que rendait nécessaire la nouvelle dentition qui comprend des dents plus larges et plus nombreuses, huit grosses molaires s'étant formées qui n'existaient pas d'abord.

Ainsi que pour l'accroisement, dès cet âge les sexes diffèrent par les habitudes extérieures, par les manifestations du sentiment et de la pensée. Soit par l'effet de l'éducation, soit pour quelque autre cause, le système musculaire du jeune garçon se développe plus que celui de la jeune fille ; son teint devient plus brun, sa peau moins douce ; ses jeux sont plus bruyants et plus dangereux, ils semblent comme un dérivatif nécessaire à la suractivité vitale, au besoin de motilité dont il est doué ; en même temps son esprit se dirige vers les brillants tableaux de la guerre ; plein de son individualité, il songe déjà à la gloire sans penser aux moyens de l'acquérir. Chez la jeune fille, toutes les pensées se concentrent dans les moyens de briller et de plaire par les grâces de la beauté, par l'éclat de la toilette, par le charme des talents de société ; tous ses sentiments se dirigent vers l'amour et sont conduits par la tendresse vers les êtres faibles et souffrants. Il faut bien remarquer d'ailleurs que la jeunesse, dont le commencement est le même au sortir de l'enfance, pour les deux sexes à l'âge de sept ans, n'a pas les mêmes limites terminales pour le garçon et pour la fille : le premier n'entre dans l'adolescence qu'à seize ans ; la seconde y entre, dans nos climats, dès quatorze ans, et même, dans les grandes villes, un peu plus tôt.

De l'adolescence.

L'individu a acquis presque tout son développement particulier dans les âges précédents ; désormais il va tendre à développer l'espèce, à se continuer dans le temps par la reproduction.

Comme pour marquer le terme de l'accroissement individuel, au commencement de cet âge, au début de la puberté, il se fait souvent d'une manière brusque une élongation très prononcée du corps, un développement saccadé qui atteint les limites extrêmes de la taille : les os acquièrent de la solidité, les épiphyses continuent à se souder ; la dernière molaire apparaît, tandis que les autres dents commencent à s'user.

Mais les principaux phénomènes qui caractérisent cet âge s'observent du côté des organes génitaux : dans l'un et l'autre sexe, le travail qui s'opère vers ces parties est annoncé par une sécrétion abondante des follicules sébacés, par l'apparition de poils et par une turgescence générale. Chez l'homme, les testicules deviennent plus gros et commencent à sécréter du sperme ; les vésicules séminales, la prostate, la verge participent à cet accroissement et acquièrent rapidement le volume qu'elles doivent conserver. Chez la femme, les ovaires deviennent plus volumineux et prennent leur forme bosselée ; la matrice s'élargit, surtout vers son fond, et la menstruation s'établit. Comme phénomènes sympathiques chez l'homme, le menton se couvre de barbe, la voix prend son timbre viril pendant que le larynx se développe rapidement ; chez la femme, les seins s'arrondissent et le mamelon devient saillant sur l'auréole qui a pris une teinte rosée.

Chez l'homme, les transformations sont toutes extérieures ; elles sont plus in-

ternes chez la femme, dont le corps conserve davantage la finesse et la blancheur de la peau, la rondeur des formes, cette apparence moelleuse due à l'infiltration du tissu cellulaire par la graisse, qui caractérisent l'enfance.

Pour l'homme comme pour la femme, des idées nouvelles naissent à mesure que des organes nouveaux se développent, que des fonctions nouvelles s'établissent. Les songes précèdent presque toujours la réalité, et les rêves voluptueux sont fréquents longtemps avant qu'un rapprochement sexuel se soit opéré. Chez le premier, le besoin d'aimer se manifeste par une ardeur expansive qui rend le cœur meilleur ; chez la seconde, par une tristesse concentrée qui souvent lui fait verser de douces larmes. A l'un, les provocations passionnées, les démonstrations extérieures, les amours ardentes; à l'autre, la langueur et la décence du maintien, le calme du visage, l'impassibilité apparente, voiles épais que revêt sa pudeur jusqu'au moment où le bonheur viendra les soulever. Aussi l'homme met plus de généralité dans son amour que la femme, il aime d'abord sans savoir qui il aime, il aime les femmes avant d'en aimer une ; la jeune fille, au contraire, se crée un être idéal qu'elle orne de tous les charmes que son imagination peut inventer : c'est celui sur qui elle concentre tout son amour, celui qu'elle cherche le jour autour d'elle, qu'elle voit la nuit dans ses rêves de bonheur, douce illusion qui souvent fait place à une triste réalité. Aussi, pour elle, la solitude est un besoin ; elle veut être seule avec ses pensées ; tandis que, pour le jeune homme, la société des femmes est pleine d'attraits, il les désire, il les recherche, les poursuit et les enveloppe de ses regards, il les embrasse à travers l'espace, il aspire leurs parfums, il frissonne au moindre contact. Tous ses sens, dirigés vers l'amour, lui procurent de nombreuses jouissances qu'il ne cherche ni à diminuer ni à dissimuler. Pour lui, il comprend que l'amour est un but : pour la femme, c'est un moyen d'être mère, et la jeune mère existe déjà dans le cœur de la jeune fille ; à ses yeux, l'union sexuelle est moins peut-être la satisfaction d'un désir que l'origine d'une espérance, car la femme aime, longtemps avant qu'il existe, l'enfant qu'elle doit porter dans son sein, et que l'homme aimera seulement plus tard quand il l'aura reçu dans sa famille.

Mais l'éducation, sans doute, modifie profondément la manifestation des sentiments sexuels : chez les peuples sauvages, dans presque toutes les espèces animales, la femelle éprouve les mêmes besoins que le mâle et souvent témoigne les mêmes désirs.

De l'âge mûr.

A travers toutes les transformations que l'homme a subies, il est arrivé à cette période de sa vie où le progrès n'existe plus pour lui, ni au physique ni au moral : son corps a acquis tout son développement, son intelligence jouit de toutes ses facultés dans leur plus grande perfection, ses sens sont devenus des instruments de la plus parfaite précision. L'homme est bien alors l'œuvre accomplie du Créateur.

Mais il ne se maintient dans cet état qu'au moyen d'une lutte continuelle entre les tendances au progrès, à un progrès impossible dont la source est la vie, et les causes de destruction dont le monde matériel l'entoure, et qui doivent l'entraîner dans la mort. Cette lutte est accusée journellement par les modifications que l'économie continue à supporter : sans cesse de nouveaux matériaux arrivent pour l'assimilation, mais le corps ne peut plus augmenter en hauteur, mais les muscles

ne peuvent plus acquérir de fibres nouvelles, mais les viscères ne peuvent plus prendre un développement plus grand, les organes des sens et de l'intelligence ne peuvent plus accroître leur volume; aussi les organes sécréteurs exercent-ils leur action avec une énergie suffisante pour enlever tous les éléments organiques qui seraient en excès, ou bien ceux-ci sont transformés en une substance à peu près inutile et vont former un dépôt de graisse dans les replis de l'épiploon d'où ils ne seront plus tirés. C'est dans l'âge viril qu'en réalité la vie est l'équilibre instable entre les fonctions de nutrition et d'excrétion, entre les causes d'acquisition et celles de déperdition; équilibre bien instable, car à chaque instant il varie, à chaque instant il est troublé, et, en deçà ou au delà, si l'une des forces l'emportait sur l'autre d'une manière excessive, l'état de santé ferait place à la maladie.

Arrivé à ce degré de perfection, l'homme, dont le développement corporel est borné par les limites primordiales de sa nature, comprend le besoin de se perpétuer dans l'espace et dans le temps par la génération : aussi est-ce à cet âge que ses facultés génitales possèdent toute leur énergie. La nature, qui, dans l'exercice de toutes les fonctions, a introduit des jouissances particulières, a voulu que, pour la conservation de l'espèce, le plaisir précédât la faculté; ces élans amoureux de l'autre âge, actuellement moins ardents mais plus profonds, moins vagues mais plus concentrés, se transforment dans l'âge mûr en aspiration vers la reproduction, qui n'est plus satisfaite par les seuls plaisirs des sens, par l'acte matériel, mais par son résultat.

C'est une nouvelle forme d'accroissement de l'homme : ainsi que nous avons vu, dans les espèces inférieures, l'individu primitif augmenter sans cesse en formant des individus nouveaux non indépendants de lui-même, ainsi l'homme s'accroît en formant un être nouveau qui, après s'être détaché de sa propre substance, le continuera indéfiniment dans le temps. Mais, à cette œuvre, il faut le concours de deux organismes, il faut que deux êtres, arrivés à leur parfait développement, se rapprochent et s'unissent, et dans l'âge viril, l'homme se choisit une compagne de sa vie, qui devient comme une partie de lui-même. A cet âge, l'homme, dont la vie dans la société est, comme la vie réelle, une lutte continue, l'homme, qui puise dans la conscience de sa force l'indifférence pour les secours étrangers, ne ressent plus ces vagues expansions de générosité, ces sentiments irréfléchis d'amour pour tout ce qui n'est pas lui; ces attributs d'un autre âge sont remplacés par une sorte d'égoïsme, et ce sentiment nouveau, comme tous ceux qui ont leur source dans la nature, est noble et saint, quand il n'est pas détourné de la voie qui lui a été primitivement tracée.

L'homme fait est égoïste, mais son égoïsme se répand sur la femme qui partage son sort, sur les enfants qui lui doivent le jour et auxquels il veut donner une existence fortunée; mais cet égoïsme, c'est l'amour de la famille, le plus pur, le plus sacré de tous les amours, car il survit à tous, car il traverse les siècles, car il est impérissable; et c'est en aimant son enfant que l'homme comprend le mieux l'amour que ses parents lui ont porté et qu'il les chérit davantage. C'est alors que l'homme tourne tous ses regards, toutes ses pensées, tous ses désirs vers les moyens d'assurer par lui-même, par ses succès, le bonheur de ceux qui lui sont chers; c'est alors que, dans la société où il vit, il lutte, il combat contre tous ceux qui lui font obstacle, qu'il devient égoïste. Mais quel sentiment est préférable à un sentiment qui unit par l'amour le passé à l'avenir, et tous deux au présent? Quel ordre

nouveau, quelle organisation sociale nouvelle, quelle vaine philanthropie, quelle fausse fraternité pourraient remplacer jamais ce sentiment inné de la famille, dont la source est providentielle, et qui n'aura pas de terme, parce que son origine est de toute éternité?

De la vieillesse.

Dans les dernières années de l'âge mûr, les facultés procréatrices ont commencé à décroître : en général, vers soixante ans, elles n'existent guère, et si parfois elles se manifestent encore, elles sont assez affaiblies, assez diminuées pour n'être plus que la preuve des forces perdues. A cet âge, la vieillesse commence.

Les différences, qui existaient entre les deux sexes à l'époque où ils se complétaient par leur union, tendent à disparaître. Chez l'homme, les tissus deviennent plus mous, les formes moins accusées, les poils tombent en partie ou perdent de leur dureté; chez la femme, les tissus deviennent plus denses, la graisse, diminuant, accuse davantage les formes, les mamelles se flétrissent, des poils naissent aux lèvres et au menton. Dans l'un, la sécrétion du sperme se supprime; dans l'autre, la menstruation, depuis quelque temps irrégulière, cesse tout à fait. Chez tous les deux, les cheveux tombent ou blanchissent, la peau jaunit, se sèche et se ride; les dents se déchaussent et se séparent des gencives, la digestion devient plus lente et plus difficile, la défécation plus pénible et plus irrégulière; la salive est moins abondante, la bile, plus épaisse, est moins abondamment sécrétée; la respiration devient plus fréquente et moins parfaite, les poumons, moins élastiques et moins flexibles, sont emphysémateux et s'imprègnent de dépôts charbonneux; la circulation est moins rapide et les battements du pouls sont moins nombreux; les vaisseaux capillaires se dilatent et deviennent visibles sous la peau; les veines, plus grosses, plus saillantes, sont variqueuses, et les artères, moins élastiques, ont des parois plus résistantes, plus cassantes et souvent ossifiées (1).

Les organes des sens perdent de leur sensibilité : la peau, moins douce, touche moins bien; la vue ne s'exerce plus qu'à de grandes distances et sur des objets volumineux; l'ouïe devient dure et ne saisit plus toutes les nuances des sons; le goût et l'odorat paraissent moins notablement atteints par les progrès de l'âge. Le cerveau diminue de volume et de densité; les cordons nerveux s'atrophient et paraissent plus secs. Les muscles tendent à devenir fibreux, les tissus fibreux et cartilagineux, à s'ossifier; les os, à se transformer en substance terreuse par la diminution absolue des tissus organiques qui les constituent, et l'augmentation relative du phosphate calcaire; aussi deviennent-ils plus minces et plus fragiles.

Les facultés intellectuelles et les affections morales offrent des altérations analogues à celles que l'on observe dans l'ordre physique. Si les organes des sens servent l'intelligence, il est évident que la faculté d'acquérir par leur intermédiaire les notions du monde extérieur est très notablement diminuée : aussi le vieillard vit-il surtout de ses souvenirs; il saisit mal ce qui se passe autour de lui; souvent il n'admet qu'avec répugnance les faits récents, les inventions nouvelles, il n'apprend qu'avec difficulté et retient rarement les événements dont il vient d'être témoin. Au contraire, les connaissances antérieurement acquises, celles qu'il pos-

(1) Leuret et Mitivié ont trouvé le pouls plus fréquent chez les sujets âgés que sur les individus plus jeunes; mais ces observations, recueillies à la Salpêtrière, sont tellement contraires aux résultats que l'on peut obtenir journellement, qu'elles portent sans aucun doute en elles une cause d'erreur.

sède depuis sa jeunesse, il les conserve davantage, il les concentre en quelque sorte. De là vient sans doute que, dans tous les temps et chez tous les peuples, on a fait de la sagesse l'attribut des vieillards. Ils sont sages parce qu'ils commencent à devenir étrangers au monde au milieu duquel ils vivent, parce que leurs sens amortis et épuisés ne peuvent détourner leur esprit de l'objet qui les occupe, parce qu'ils ont pour eux l'expérience d'un autre âge sans en avoir les passions. Les vieillards vivent plus en eux-mêmes; aussi ne manquent-ils pas de s'isoler du monde qui n'est plus fait pour eux ou plutôt pour lequel ils ne sont plus faits. Les bruyants amusements de l'enfance les agacent, les plaisirs bouillants de la jeunesse les irritent, les joies même si pures de l'âge mûr les affligent ; tout cela leur rappelle un passé qui ne doit plus revenir, le jour d'hier qui n'aura peut-être pas de lendemain. Ce qu'il leur faut, ce qu'ils désirent, ce qu'ils exigent, c'est le repos, la chaleur du soleil, l'ardeur du foyer pour ranimer leurs membres engourdis; c'est le silence qui ne trouble pas la voix de leurs souvenirs affaiblis; c'est, pour leur amour-propre, quelque flatterie. L'habitude leur a fait une nécessité des soins de la famille, des caresses de leurs petits enfants, des prévenances dont on les entoure; mais le plus souvent leur cœur y est insensible, leur corps seul les reçoit. Ils sentent que leur tâche dans ce monde est remplie, ils croient que chacun pense de même à leur égard et leur reproche la place qu'ils tiennent encore sur cette terre : de là, leur méfiance pour tout ce qui les entoure, leur jalousie pour tout ce qui est jeune, de là aussi leur désir d'être seuls et l'irrégularité de leur humeur. Sans doute, tous les vieillards ne sont pas ainsi : il en est dont le cœur reste jeune et bat vivement dans un corps affaibli; mais, en général, ils sont moroses, à charge à eux-mêmes, à charge aux autres quand ils ne sont pas entourés d'enfants ou de petits-enfants qui aiment en eux le passé et excusent le présent.

Ainsi, les années se succèdent pour eux, et chaque pas que le temps fait rapproche le terme de leur carrière, chaque heure leur apporte une ride nouvelle, une nouvelle faiblesse, un nouveau regret ; leur corps, exagérant tous les caractères que nous avons tracés, tombe dans la décrépitude; leur colonne vertébrale, trop faible pour les soutenir, leur fait prendre cette attitude courbée qui les rapproche de la terre, etc., et pourtant leur amour pour la vie augmente par le danger qu'ils courent de la perdre à chaque instant; la mort leur inspire le plus grand effroi. Mais, inexorable, celle-ci marchant toujours, les saisit, et bientôt a sonné pour eux l'heure suprême.

De la mort. — Tout ce qui a eu un commencement doit avoir une fin; la naissance implique l'idée de la mort. Mais ce terme de la vie, ce moment qui fait entrer dans la matière inerte le corps que la vie avait animé, peut arriver plus tôt ou plus tard, accidentellement ou naturellement.

La mort accidentelle arrive lorsqu'un des organes essentiels à la vie cesse d'agir pour une cause quelconque : ces principaux organes sont le cerveau, les poumons et le cœur. Toutefois, l'action du cerveau peut être supprimée presque en totalité, et la vie se continuer; la respiration peut être quelque temps suspendue et la vie persister encore ; quand les battements du cœur cessent, on meurt. La mort accidentelle sera donc d'autant plus rapide, que sa cause agira plus immédiatement sur le centre circulatoire. Elle peut survenir à tous les âges : pourtant elle est beaucoup plus commune, à la suite de maladies, dans les premiers temps de la vie qu'à une époque plus avancée.

La mort naturelle est bien plus rare : les accidents, les maladies usent presque toujours la vie avant le terme que la nature avait fixé primitivement. Elle peut, d'ailleurs, arriver à un âge plus ou moins avancé, suivant les constitutions, les sexes, les races, les climats, etc.

Quand l'œuvre de destruction suit sa marche la plus ordinaire, la vie disparaît dans le sens opposé à celui suivant lequel elle s'était développée : c'est du cœur aux organes périphériques que la vie semble marcher dans l'embryon, c'est de la circonférence au centre qu'elle quitte le vieillard. Alors, les membres deviennent immobiles et obéissent aux lois de la pesanteur, ils perdent leur sensibilité et leur chaleur ; les muscles cessent d'obéir à la volonté, si la volonté existe encore ; la peau devient froide et sèche, ou bien se couvre d'une sueur visqueuse ; la face prend un aspect caractéristique, elle paraît amaigrie, les yeux rentrent profondément dans les orbites, la cornée se trouble, les paupières se ferment à moitié par l'abaissement de la paupière supérieure, les pommettes deviennent saillantes, le nez s'effile, les lèvres décolorées restent béantes et leurs commissures sont tirées en dehors et en bas. Les centres nerveux ont perdu presque toutes leurs facultés. La parole est devenue impossible ou incohérente comme la pensée elle-même, les yeux cessent de voir, les nerfs olfactifs sont insensibles aux odeurs, l'ouïe persiste plus longtemps. Les viscères abdominaux et thoraciques cessent aussi de remplir leurs fonctions. Les boissons tombent dans l'œsophage comme dans un tube inerte, les contractions intestinales se ralentissent ; la respiration devient courte, lente, irrégulière, se suspend quelquefois, puis reparaît et se termine par une expiration, par le dernier soupir. Le pouls est vite, de plus en plus petit, il offre de nombreuses rémittences jusqu'au moment où il cesse tout à fait d'être appréciable. Le cœur continue encore quelque temps à battre, mais faiblement, irrégulièrement, et sa dernière contraction marque le moment qui sépare la vie de la mort.

De la vie, bientôt il ne reste plus que des vestiges épars dans différents tissus qui conservent encore, quelque temps après la mort, des propriétés organiques : les capillaires se contractent de manière à chasser dans les veines tout le sang qu'ils contiennent ; l'irritabilité des muscles se manifeste sous l'influence de l'excitation produite par la pile voltaïque ; l'utérus peut expulser l'enfant qu'il renferme, quand déjà le cœur a cessé de battre, etc.

Mais bientôt ces phénomènes ultimes de la vie disparaissent, et le cadavre se refroidit complétement. Le sang se décompose, ses parties liquides infiltrent les tissus, ses éléments solides se déposent dans le cœur ou sur les parois des vaisseaux ; la vapeur, qui s'exhalait du corps avec une odeur de viande fraîche, est remplacée par une odeur fade, aigre, caractéristique. Alors aussi survient dans tous les muscles une contraction énergique, mais lente et progressive : ils deviennent plus volumineux, plus durs et entraînent les membres dans le sens où leur énergie est prépondérante, dans la flexion. Si l'on considère que cette contracture est, en général, d'autant plus prononcée que la mort a été plus rapide, d'autant plus forte que le sujet était plus vigoureux, qu'elle survient en même temps que la coagulation du sang dans le cœur ; si, d'un autre côté, on remarque qu'elle est à peu près nulle ou n'apparaît pas du tout chez les individus ayant succombé à une longue maladie, ou épuisés par une hémorrhagie abondante, ou bien encore asphyxiés par des gaz qui maintiennent le sang liquide, on est amené à penser que la contraction cadavérique est intimement liée par son essence à la coagulation du sang, qu'elle est peut-être un phénomène analogue à la contraction du caillot sanguin.

Aussi longtemps que persiste la roideur cadavérique, aucun phénomène de *putréfaction* ne se manifeste. Mais, à une époque qui varie suivant les conditions hygrométriques et thermométriques de l'atmosphère, suivant le milieu dans lequel le cadavre se trouve placé, suivant son degré d'obésité et d'humidité, la nature de la maladie qui a précédé la mort, etc., la décomposition des tissus organiques s'établit. Pendant le cours de cette décomposition putride, il s'effectue, dans la matière animale, une véritable fermentation dont les produits intermédiaires sont encore inconnus : mais, dès que l'oxygène intervient dans ce mouvement moléculaire, il donne naissance à de l'eau et à de l'acide carbonique, produits extrêmes de l'oxydation des substances organiques ; l'azote s'unit à une certaine quantité d'hydrogène et se dégage à l'état d'ammoniaque. L'eau, l'acide carbonique et l'ammoniaque, tels sont donc les produits dans lesquels se résolvent, en définitive, toutes les matières animales en putréfaction. Ces matières, dont la composition est ordinairement si complexe, retournent, comme on le voit, aux combinaisons inorganiques qui avaient servi aux plantes à les élaborer (1). « C'est ainsi, dit Dumas (2), que l'étude de la putréfaction, qui, au premier abord, ne paraît faite que pour inspirer un sentiment de répugnance, acquiert un intérêt tout philosophique, en nous révélant un enchaînement de phénomènes admirable par sa simplicité. »

(1) Pendant tout le cours de la putréfaction, les produits volatils qui se dégagent exhalent une odeur fétide, due probablement à la présence du soufre et du phosphore dans ces miasmes ; en outre, il se forme de l'hydrogène sulfuré. Quant au dégagement d'hydrogène phosphoré, qui produirait, dans les cimetières, le phénomène si connu des feux follets, et qui serait dû à la décomposition des matières animales renfermant du phosphore, ce fait a besoin de confirmation.

Lorsque la putréfaction s'accomplit en présence de substances basiques capables de déterminer la formation d'un acide, on remarque, au nombre des produits, une certaine quantité d'acide nitrique, qui reste uni à la base. La formation de cet acide est due, dans ce cas, à l'oxydation de l'ammoniaque un des produits de la putréfaction normale. (DUMAS. *Chimie physiol. et méd.*, p. 751. Paris 1846.

(2) *Chimie physiol. et méd.*, p. 749.

FIN.

EXPLICATION DES PLANCHES.

PLANCHE I.

FIG. 1, 2, 3, STRUCTURE ET DÉVELOPPEMENT DE L'OEUF HUMAIN ET DE L'OEUF DU LAPIN, D'APRÈS LES DESSINS PUBLIÉS PAR COSTE.

FIG. 1. L'ovaire avec des vésicules de De Graaf et des œufs à divers degrés de développement.

a, *a*, *a*, vésicules de De Graaf encore jeunes, commençant à se dessiner à la surface de l'ovaire; *b*, vésicule de De Graaf plus développée; *c*, autre vésicule de De Graaf encore plus développée pour montrer sa structure et ses relations avec l'œuf; *e*, feuillet externe; *f*, feuillet interne, couverts l'un et l'autre de ramifications vasculaires provenant d'un vaisseau qu'on voit au-dessous, se diriger vers la vésicule, à travers le tissu de l'ovaire; *g*, couche granuleuse; *c*, intérieur de la vésicule renfermant son contenu liquide; *o*, œuf plongé dans son disque granuleux ou proligère; *d*, autre vésicule de De Graaf au moment de sa rupture; *o*, l'œuf qui s'en échappe entraînant avec lui son disque granuleux.

FIG. 2. Parties constituantes de l'œuf dans l'ovaire.

mv, membrane vitelline; *j*, jaune ou vitellus; *vg*, vésicule germinative.

FIG. 3. OEuf ovarique rompu.

mv, membrane vitelline; *j*, jaune, s'échappant de l'intérieur de l'œuf; *vg*, vésicule germinative, dégagée des granules vitellins; *tg*, tache germinative.

FIG. 4 à 12. Principales périodes du développement de l'œuf du lapin, jusqu'à l'établissement de la première circulation.

FIG. 4. OEuf dans la trompe, immédiatement après la fécondation.

a, mince couche d'albumine, déposée autour de lui dans la partie supérieure de la trompe; *mv*, membrane vitelline, contenant des spermatozoïdes dans son épaisseur; *j*, vitellus, présentant le phénomène du retrait.

FIG. 5, 6, 7, 8. OEufs tubaires présentant la segmentation du jaune, depuis la première division en deux, jusqu'à un fractionnement très avancé.

a, albumen dont la couche augmente d'épaisseur à mesure que l'œuf descend dans la trompe; *mv*, membrane vitelline.

FIG. 9. OEuf utérin dans lequel le blastoderme est formé.

Les sphérules provenant du fractionnement du jaune se sont convertis en cellules, qui constituent le blastoderme; *mv*, membrane vitelline; *a*, albumen. A la partie supérieure du blastoderme on voit se dessiner la tache embryonnaire.

FIG. 10. OEuf utérin plus avancé.

mv, membrane vitelline commençant à offrir des villosités et à se convertir en premier chorion; *b*, blastoderme; *te*, tache embryonnaire; *al*, aire transparente (*area lucida*); *le*, ligne embryonnaire.

FIG. 11. OEuf utérin plus âgé. On n'a représenté que le germe séparé par la dissection du reste de l'œuf.

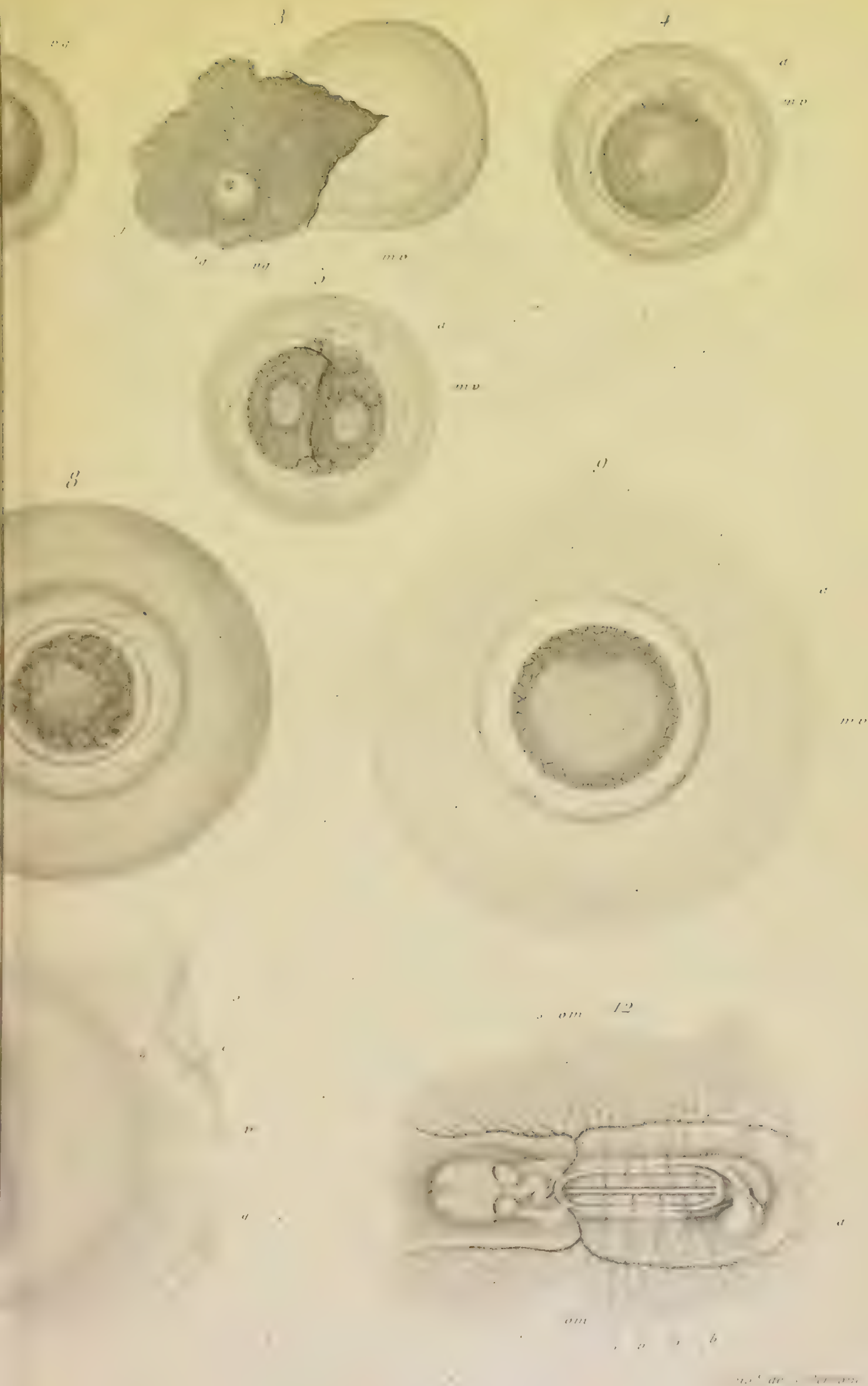
b, blastoderme; *ag*, aire germinative; *c*, extrémité céphalique du germe; *q*, extrémité caudale; *v*, vertèbres.

FIG. 12. Jeune embryon avec une portion de sa vésicule ombilicale, dans la période de la première circulation.

a, allantoïde; *b*, *b*, *b*, *b*, artères omphalo-mésentériques provenant des deux aortes; *om*, *om*, troncs droit et gauche des veines omphalo-mésentériques; *s*, sinus du cœur où convergent ces deux troncs veineux; *c*, cœur.



Gravé par Bourgeois.



DE L'ŒUF

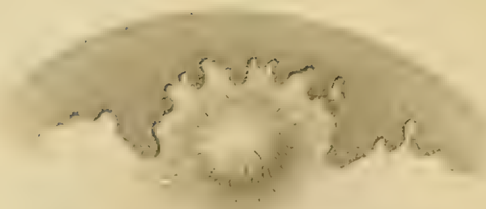
1.

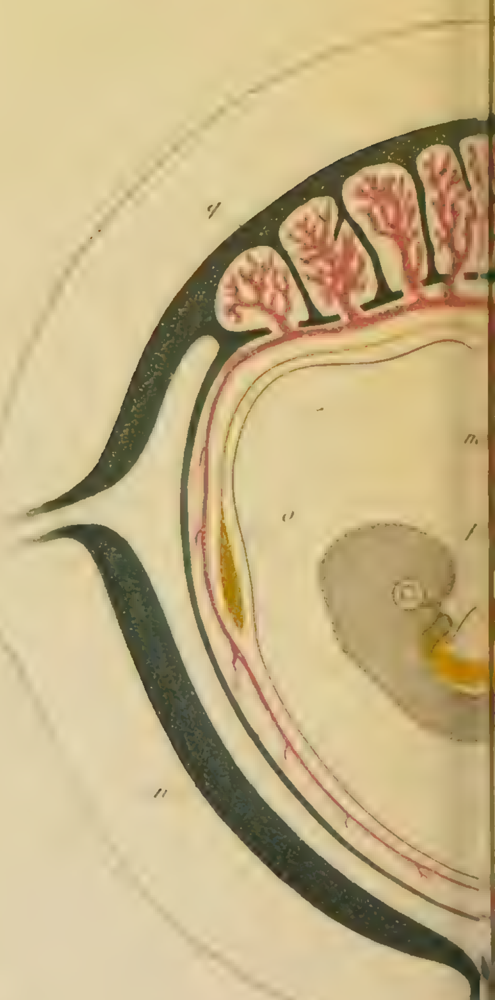


2.



8.



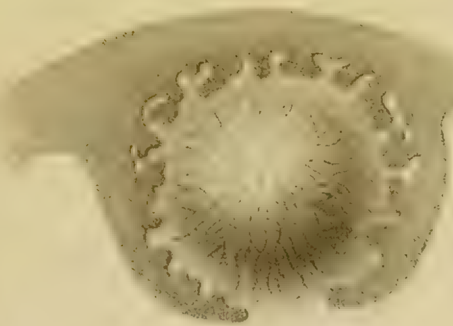


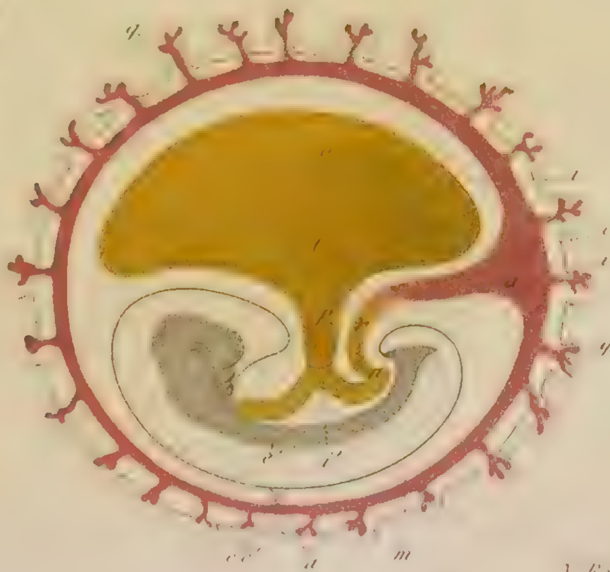
5.











A. Remond imp.

PLANCHE II.

Fig. 1. Coupe théorique du corps jaune dans les premiers temps de sa formation, d'après Coste.

f, Tissu fibreux de l'ovaire feutré et formant une sorte de loge aux membranes propres de la vésicule de De Graaf; *g*, portion de couche granuleuse qui reste dans la vésicule de De Graaf après l'émission de l'ovule; *h*, *h*, feuillet interne de la vésicule de De Graaf, hypertrophié et formant des plis saillants qui tendent à combler la cavité de cette vésicule, après l'expulsion du liquide et de l'ovule qu'elle renfermait. C'est ce feuillet qui est le siége principal de la formation du corps jaune; *k*, *k*, feuillet externe de la vésicule de De Graaf, contracté sur le feuillet interne; *x*, tronc vasculaire propre à la vésicule de De Graaf, logé entre les deux feuillets qui composent cette vésicule et se distribuant à l'un et à l'autre de ces feuillets.

Fig. 2 à Fig. 6. Coupes théoriques des principales phases du développement des membranes du fœtus, d'après Coste.

Fig. 2. Coupe de l'œuf utérin après la formation du blastoderme et la réalisation de la tache embryonnaire, faite dans le sens longitudinal de cette tache.

e, Feuillet externe (séreux) du blastoderme; *e'*, tache embryonnaire, émanant de ce feuillet externe, et se continuant avec lui par tous les points de son étendue; *i*, feuillet interne (muqueux ou intestinal) du blastoderme; *i'*, portion du feuillet interne destiné à se convertir en intestin; *o*, vésicule ombilicale future, peu distincte, à cette époque, de l'intestin rudimentaire, avec lequel elle communique largement; *v*, membrane vitelline en voie de disparition.

Fig. 3. Coupe de l'œuf utérin, au moment où les capuchons amniotiques commencent à paraître. Cette coupe, comme dans la figure précédente et dans les suivantes, est faite selon l'axe longitudinal du fœtus.

c, Pli qui se produit sur le feuillet externe du blastoderme, du côté de la tête, pour constituer le capuchon amniotique céphalique; *c'*, pli qui se produit sur le même feuillet, du côté de la queue, pour former le capuchon amniotique caudal.

Les lettres *e*, *e'*, *i*, *i'*, *o*, *v*, sont affectées aux mêmes parties que dans la figure précédente.

Fig. 4. Coupe de l'œuf à une époque correspondante à l'apparition de l'allantoïde.

a, Allantoïde à son origine, naissant de l'extrémité postérieure de l'intestin rudimentaire, et faisant saillie, sous forme de vessie, à travers l'ombilic abdominal, largement ouvert à cette époque; *c*, capuchon amniotique céphalique, réfléchi, en arrière, sur la tête et une partie du tronc du fœtus, et allant à la rencontre du capuchon amniotique caudal, (*c'*), réfléchi, de son côté, sur le train postérieur; *e*, feuillet interne du blastoderme; *e'*, masse vertébrale du fœtus; *m*, portion réfléchie du feuillet externe du blastoderme destiné à former la membrane amnios; *i*, feuillet interne ou intestinal du blastoderme, converti, d'une part, en intestin rudimentaire, (*i'*), et, d'autre part, en vésicule ombilicale *o*; l'étranglement (*p*), qui sépare l'intestin rudimentaire de la vésicule ombilicale, constitue le pédicule qui appartiendra plus tard à cette vésicule; *v*, membrane vitelline.

Fig. 5. Coupe d'un œuf utérin plus âgé que le précédent.

a, *a'*, Allantoïde se développant en membrane, et tendant à englober l'embryon, l'amnios en voie de formation, et la vésicule ombilicale; *c c'*, capuchons amniotiques céphalique et caudal, presque au contact l'un de l'autre; *n*, portion de l'intestin rudimentaire représentant le rectum; *r*, pédicule de l'allantoïde constituant l'ouraque; *p*, pédicule de la vésicule ombilicale; *t*, limite de l'*area vasculosa*, qu'emporte la vésicule ombilicale.

Les lettres *e*, *e'*, *i*, *i'*, *m*, *o*, *v*, désignent les mêmes parties que dans les figures précédentes.

Fig. 6. Coupe d'un œuf utérin, au moment où l'amnios est complétement réalisé.

a, Point où l'allantoïde est venue se clore, pour constituer une vésicule complète, dans laquelle sont enfermés l'embryon, l'amnios et la vésicule ombilicale; *c*, *c'*, traces des relations qui existaient entre le feuillet externe du blastoderme et l'amnios, auquel ce feuillet a donné naissance, et dont il est maintenant entièrement séparé; *e*, feuillet externe du blastoderme en voie de disparition; *i*, intestin formant une première anse

dont la convexité regarde la vésicule ombilicale; *q*, *q*, villosités dont se couvre toute la surface de l'allantoïde: les unes sont destinées à s'atrophier, et les autres à persister pour former le placenta fœtal.

Voir, pour la désignation des lettres *e'*, *i*, *i'*, *m*, *n*, *o*, *p*, *r*, *t*, *v*, l'explication de la figure 2, 4 et 5.

Fig. 7. Coupe théorique d'un utérus en état de gestation et du produit qu'il renferme.

a, *a'*. Allantoïde transformée en chorion, pourvue, presque à toute sa surface, de villosités choriales, les unes en voie d'atrophie (en *a'*), les autres extrêmement développées et formant le placenta fœtal (en *a*); *e'*, masse vertébrale de l'embryon; *i*, intestin rudimentaire; *m*, *m*, amnios formant une gaîne au pédicule de la vésicule ombilicale et de l'allantoïde, et constituant une vaste poche dans laquelle l'embryon est renfermé; *n*, *n*, muqueuse utérine (caduque pariétale des auteurs); *n*, portion de muqueuse utérine en relation avec le placenta fœtal (caduque sérotine de quelques auteurs); o, vésicule ombilicale saisie entre l'allantoïde, convertie en chorion, et l'amnios; *p*, pédicule de la vésicule ombilicale inséré au sommet de l'anse intestinale primitive; *q*, villosités choriales formant le placenta fœtal; *q'*, villosités choriales implantées dans la portion réfléchie de la muqueuse et en voie de disparition; *r*, pédicule de l'allantoïde converti en ouraque; *s*, portion réfléchie de la muqueuse utérine, formant la caduque réfléchie des auteurs; *u*, lames et brides de muqueuse utérine, formant les parois des lacunes dans lesquelles s'engagent les villosités choriales.

Fig. 8 et 9. Figures destinées à montrer comment, d'après la théorie de Coste, la muqueuse utérine envelopperait peu à peu l'œuf et réaliserait les caduques (utérine, réfléchie et sérotine) décrites par les auteurs.

PLANCHE III.

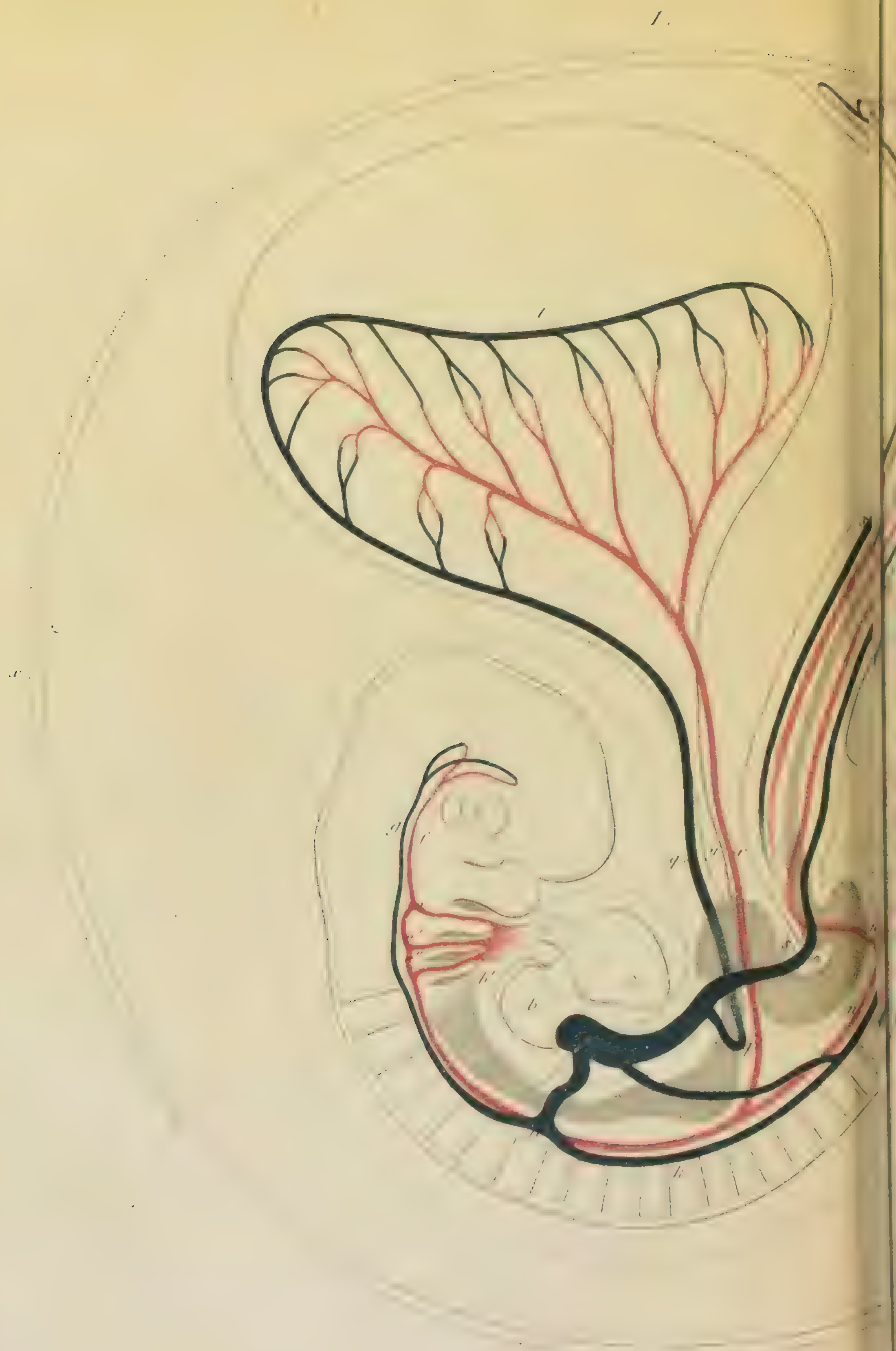
FIGURES THÉORIQUES REPRÉSENTANT LA CIRCULATION GÉNÉRALE DE L'EMBRYON DANS LE PREMIER MOIS DU DÉVELOPPEMENT, D'APRÈS COSTE.

Fig. 1. Embryon et ses annexes vus de profil et par le côté droit.

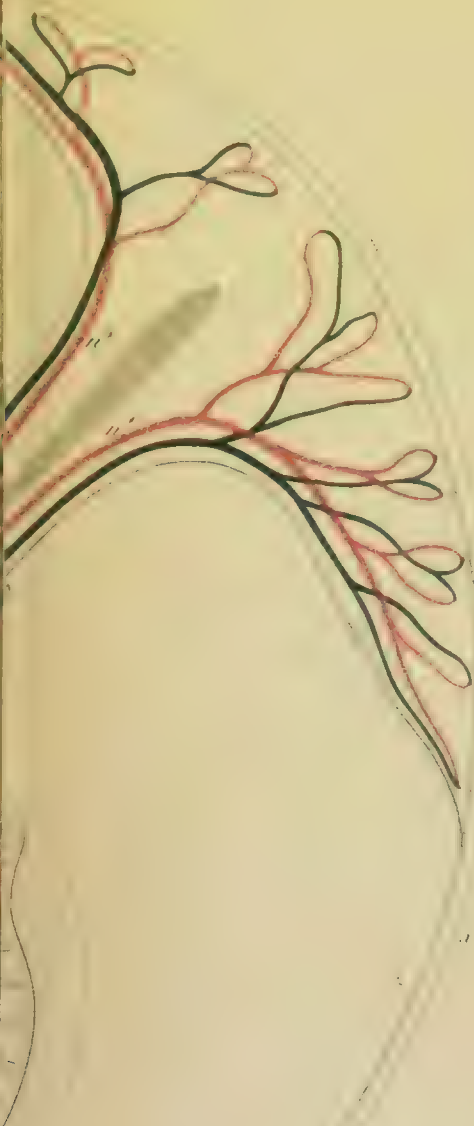
a, confluent où se rendent en commun toutes les veines qui apportent le sang au cœur; *b*, oreillette droite du cœur à son origine; *b'*, oreillette gauche; *e*, *e'*, *e''*, artères branchiales du côté droit, émanant de l'extrémité du bulbe de l'aorte; *f*, tronc artériel représentant l'aorte ascendante droite et les branches qui en partent; *g*, tronc veineux représentant les azigos supérieurs (veine cave supérieure des auteurs) et les branches qui en dépendent; *h*, confluent commun des azigos supérieur et inférieur; *j*, veine cave inférieure; *k*, azigos inférieur; *m*, point d'anastomose des azigos inférieurs avec l'aorte descendante; *n*, aorte descendante; *n*, *n'*, artères ombilicales (allantoïdiennes) fournies par l'aorte descendante; *q*, veine omphalo-mésentérique, s'anastomosant avec l'artère du même nom; *q'*, portion de la veine omphalo-mésentérique qui persiste sous le nom de veine porte abdominale; *r*, artère omphalo-mésentérique se distribuant sur les parois de la vésicule ombilicale; *s*, veine ombilicale (allantoïdienne) se rendant du placenta au cœur en traversant le foie; *t*, vésicule ombilicale; *x*, trace du feuillet externe du blastoderme; *y*, pédicule de la vésicule ombilicale; *z*, chorion.

Fig. 2. Même figure vue de face, moins les annexes.

a, confluent commun de toutes les veines; *b*, *b'*, oreillettes droite et gauche; *c*, *c'*, ventricules droit et gauche; *e*, *e'*, *e''*, *i*, *i'*, *i''*, artères branchiales droites et gauches; *f*, *f'*, aortes ascendantes droite et gauche; *g*, *g'*, azigos supérieurs droit et gauche (veines caves supérieures des auteurs); *h*, *h'*, confluents droit et gauche des azigos supérieurs et inférieurs; *j*, veine cave inférieure; *k*, *k'*, azigos inférieurs droit et gauche; *l*, *l'*, point où la veine cave inférieure s'anastomose avec les azigos inférieurs pour se substituer plus tard à eux; *m*, anastomose de l'aorte descendante avec les azigos et la veine cave inférieure réunis; *n*, *n'* origine des artères ombilicales (allantoïdiennes) sur le trajet de l'aorte descendante; *p*, *p'*, artères pulmonaires à leur origine; *q*, tronc de la veine porte abdominale future à son entrée dans le foie; *r*, artère omphalo-mésentérique; *s*, *s'*, veines ombilicales (allantoïdiennes) droite et gauche; cette dernière (*s'*), devant persister jusqu'au terme du développement, est plus volumineuse que la droite, qui disparaît d'assez bonne heure; *t*, point où les deux aortes descendantes se réunissent pour constituer une aorte unique; *v*, canal veineux.



J. P. Tisto sc.



2.

